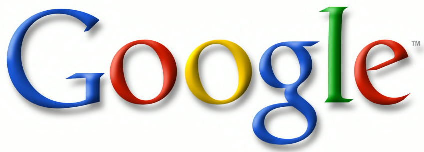
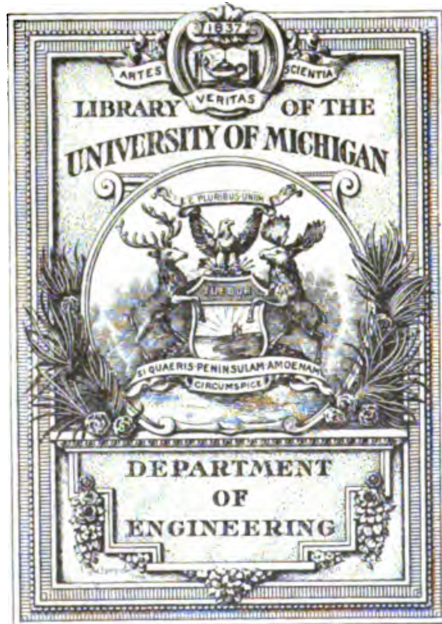



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

LE

SERVO-MOTEUR

OU

MOTEUR-ASSERVI

SES PRINCIPES CONSTITUTIFS — VARIANTES DIVERSES
APPLICATION A LA MANŒUVRE DES GOUVERNAILS

GOUVERNAILS A VAPEUR FARCOT

DESCRIPTION THÉORIQUE ET PRATIQUE

PAR

JOSEPH FARCOT

INGÉNIEUR,

DE LA MAISON FARCOT ET SES FILS.

PARIS

J. BAUDRY, LIBRAIRE-ÉDITEUR

RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1873.

LE

SERVO-MOTEUR

OU

MOTEUR-ASSERVI

Paris. — Typographie Georges Chamerot, rue des Saints-Pères, 19.

LE

SERVO-MOTEUR

OU

MOTEUR-ASSERVI

SES PRINCIPES CONSTITUTIFS — VARIANTES DIVERSES
APPLICATION A LA MANŒUVRE DES GOUVERNAILS

GOUVERNAILS A VAPEUR FARCOT

DESCRIPTION THÉORIQUE ET PRATIQUE

PAR

JOSEPH FARCOT

INGÉNIEUR,

DE LA MAISON FARCOT ET SES FILS.

PARIS

J. BAUDRY, LIBRAIRE-ÉDITEUR

RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

1873.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

PRINCIPES ET TYPES PRIMITIFS.

CHAPITRE II.

VARIANTES DIVERSES.

CHAPITRE III.

CONJUGAISON DE SERVO-MOTEURS. — DISPOSITIONS SPÉCIALES. — APPLICATIONS.

CHAPITRE IV.

GOUVERNAIL A VAPEUR FARCOT. — APPAREIL DU *Bélier*.

Description théorique et pratique du Servo-Moteur appliqué à la manœuvre des gouvernails.

CHAPITRE V.

GOUVERNAIL A VAPEUR DU *Bélier*, 2me PARTIE.

Cylindre hydraulique, régulateur de flexion du gouvernail sous le coup de mer.

CHAPITRE VI.

GOUVERNAIL A VAPEUR DU *Bélier*. 3me PARTIE.

Transmission funiculaire.

CHAPITRE VII.

FONCTIONNEMENT RELATIF DES DIFFÉRENTES PARTIES DE L'APPAREIL.

CHAPITRE VIII.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES ET RÉGLEMENTATION DE L'ENSEMBLE.

LE SERVO-MOTEUR
SES PRINCIPES CONSTITUTIFS.

APPLICATION A LA MANŒUVRE DES GOUVERNAILS.

CHAPITRE PREMIER.

PRINCIPES ET TYPES PRIMITIFS.

§ 1. — *Principes généraux.*

Dans le cours des longues et persévérantes recherches que nous avons poursuivies depuis une dizaine d'années pour l'application des régulateurs aux machines de mer, nous nous sommes trouvés arrêtés devant une grande difficulté quand il s'est agi de faire mouvoir et conduire les organes de régulation très-lourds et très-résistants des machines de 500 à 1,000 chevaux, par l'appareil régulateur lui-même. Cela devenait tout à fait impraticable, et il nous a fallu chercher un auxiliaire puissant et obéissant pour manœuvrer ces organes.

Nous avons imaginé dans ce but l'emploi d'un petit cylindre à vapeur dont le petit tiroir serait conduit par le régulateur; mais des expériences spéciales nous ont

montré bientôt que le piston de ce cylindre étant, comme dans toute machine, abandonné à lui-même pendant sa course, et restant indépendant du régulateur qui ne conduit que le tiroir, devient tout à fait instable dans son mouvement et passe instantanément, sans motif, ou pour la moindre ouverture du tiroir, d'une extrémité à l'autre de sa course.

Ce résultat s'explique facilement et se reproduirait avec tout autre moteur auxiliaire rapide, mais il rendait tout à fait impossible l'utilisation d'un tel système.

Nous avons donc dû chercher une solution nouvelle permettant au régulateur de tenir complétement en bride le piston auxiliaire, et nous avons été ainsi conduits à la découverte du nouvel engin que nous allons décrire et qui, bien que d'une grande simplicité, en principe, et composé en majeure partie d'éléments connus, employés ordinairement dans les machines, constitue un appareil tout à fait nouveau dans ses résultats et son mode d'action, et dont les applications seront aussi étendues que l'emploi du travail mécanique lui-même en général.

Car cet engin donne le moyen de produire instantament, et de supprimer de même, en un point indiqué, une force aussi considérable que l'on veut, de lui faire accomplir la course utile, rectiligne ou curviligne, alternative ou continue, que le travail exige, sans que le conducteur, animé ou mécanique, qui dirige la manœuvre ait autre chose à faire que de donner ses ordres ou indications en exerçant sur un point du système articulé une action ou une réaction de la plus faible intensité.

Cet engin constitue donc la solution nécessaire de ce problème si difficile et fréquent néanmoins : *réunir à la fois rapidité, instantanéité même, du mouvement et précision la plus grande possible de manœuvre.* Dans tous les autres

appareils connus, on n'obtient guère la précision qu'en opérant par ralentissement et en sacrifiant la rapidité d'action, si ce n'est peut-être en employant des accumulateurs totalisant le travail ralenti antérieur, mais dont la puissance est essentiellement limitée et toujours insuffisante pour un service un peu rapide.

Voici quelles ont été pour nous les données du problème et, par suite, les bases de la solution, constituant trois principes distincts et essentiels :

1° Trouver un système de *rênes* ou de *frein autonome se réglant de lui-même* que l'on puisse imposer à tout moteur de genre quelconque et assez puissant pour rendre ce moteur complétement dépendant de son conducteur et l'asservir à toutes ses volontés, en faire un aide ou plutôt un serviteur aussi obéissant que vigoureux et complétement discipliné, tandis que, dans toute machine à vapeur, par exemple, le piston qui reçoit la pression motrice est, dans son mouvement, toujours plus ou moins indépendant du tiroir qui lui donne sa vapeur.

2° Constituer dans ce but un système articulé sur un des points duquel *le conducteur indiquera la marche à suivre en* CHEMINANT LUI-MÊME *et effectuant une partie extrêmement minime et, relativement, à peine appréciable du travail*, et disposer les choses de telle façon que *lorsque la main du conducteur s'arrête, le moteur s'arrête* immédiatement et sûrement, *se retenant lui-même par sa propre puissance*, que le moteur avance, se ralentisse, stoppe, change de marche en suivant pas à pas et avec la plus grande précision le doigt indicateur du conducteur dont il imite servilement tous les gestes.

3° *Placer les centres du système articulé de telle façon que tout mouvement utile de la manivelle ou de l'organe conduit puisse se produire sans agir, quand le conducteur marche, sur*

le tiroir ou sur l'appareil de distribution, ce dernier ne devant être commandé que par le mouvement relatif du doigt indicateur du conducteur.

Ces trois principes peuvent se résumer dans l'énoncé ou principe fondamental que voici :

Asservir tout moteur au gouvernement absolu d'un conducteur EN FAISANT CHEMINER *directement ou par un intermédiaire quelconque,* LA MAIN DE CELUI-CI, AVEC L'ORGANE SUR LEQUEL AGIT LE MOTEUR, *de telle sorte que tous deux marchent, s'arrêtent, reculent, reviennent ensemble, et que le moteur suive pas à pas le doigt indicateur du conducteur dont il imite servilement tous les gestes.*

Nous avons cru qu'il était nécessaire de donner un nom nouveau et caractéristique à cet engin nouveau et l'avons appelé *servo-moteur* ou *moteur asservi.*

§ 2. — *Types primitifs.*

Nous représentons, figures 1, 2, 3, 4, une des nombreuses variantes que l'on pourra constituer sur ces principes, et qui est le type exécuté le premier pour le service des régulateurs.

a est un cylindre moteur fonctionnant sous la pression relative d'un fluide quelconque, vapeur, gaz, air, eau, et agissant par pression ou dépression, vide relatif, etc.

Le piston *b* recevant le mouvement par l'admission ou par l'échappement du fluide, de la vapeur, par exemple, selon le mode de tiroir adopté, poussera la bielle *v* qui transmet, par le levier-manivelle *d*, le mouvement à l'arbre *j* sur lequel se produit la résistance, et qu'il s'agit de manœuvrer par rotation.

Le conducteur de l'appareil, au lieu de mouvoir directement le tiroir *c* du cylindre, suit sur la tige *m* le mouvement produit par le piston, poussant ou tirant

Fig. 1

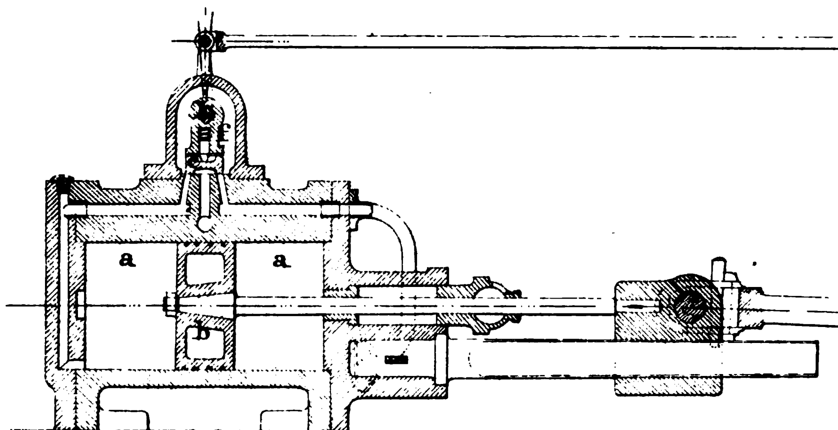


Fig. 3

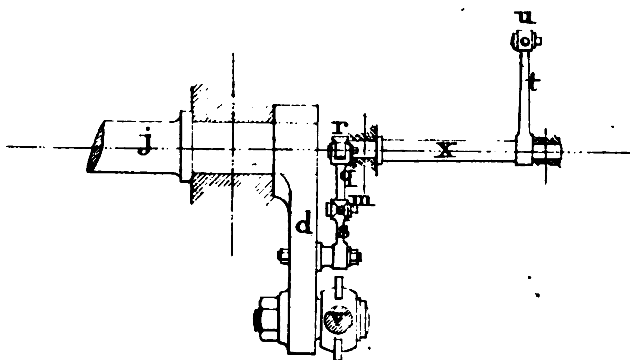
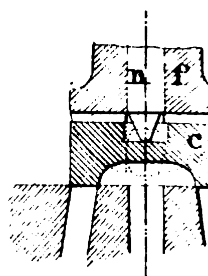


Fig. 1bis



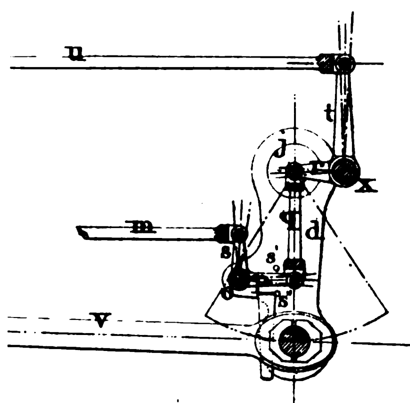


Fig. 2

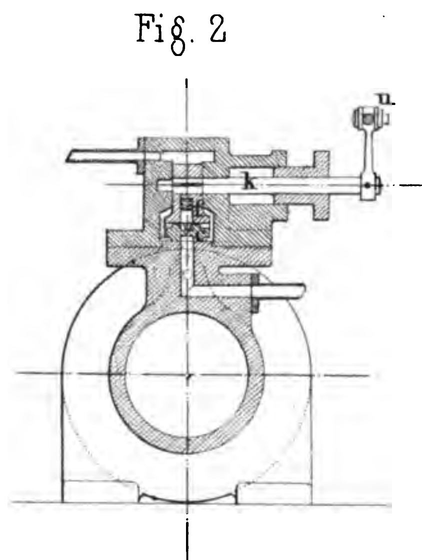


Fig. 2 bis

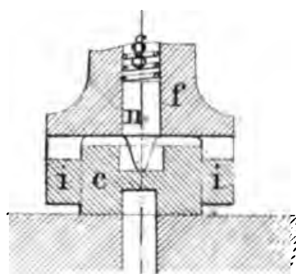
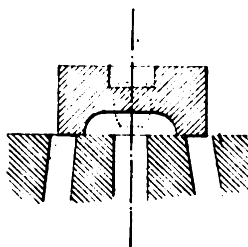


Fig. 4



Autog. Broise, R. de Dunkerque, 43 à Paris.

légèrement sur le doigt *s*, auquel il fait ainsi tout d'abord décrire le petit chemin angulaire que lui permet sa liaison avec le système articulé *s p q r t* qui commande le tiroir *c*, à course réduite. Ce dernier, étant limité dans sa boîte aux deux extrémités de sa course, limite lui-même l'oscillation angulaire possible du doigt *s* par rapport au levier *d*, en vertu de laquelle s'effectue la distribution de vapeur. On peut aussi limiter directement la course du doigt *s* au moyen des deux butoirs s' s'' fixés sur le levier *d*.

On comprend facilement que, dès que le tiroir *c*, suivant le mouvement du doigt *s*, aura découvert en partie ou en totalité les orifices d'admission et d'échappement, le piston *b*, étant alors actionné par la vapeur, poussera ou tirera le levier *d* tant que le conducteur suivra son mouvement, sur la tige *m* et le doigt *s*, en ne produisant pour cela sur le levier *d* et dans le sens de la translation qu'un effort auxiliaire très-minime, égal à la résistance du tiroir et de son système articulé *s p q r t*.

Si le conducteur s'arrête ou ralentit la translation de la tige *m*, le piston s'arrête lui-même ou ralentit sa course, car, dès qu'il tend à marcher plus vite relativement que le conducteur, il fait tirer ou pousser le doigt *s* sur la tige *m* en sens inverse du mouvement et ferme le tiroir, le levier *d* transportant toujours avec lui le doigt *s* dont le centre d'oscillation est en *o*.

En effet la situation du tiroir *c* sur sa glace étant constamment subordonnée à la position angulaire du doigt *s* par rapport au levier *d*, il est évident que le piston, en s'accélérant hors de propos, produit le même effet que si le conducteur tirait ou poussait la tige *m* et le doigt *s* en sens inverse du mouvement; *chacune des extrémités de la branche s devient ainsi tour à tour, relativement, point fixe et point mobile* et l'action du conducteur est de

fait constamment indépendante et dominatrice de celle du piston *b,* qu'il gouverne sans être entraîné ou influencé par lui.

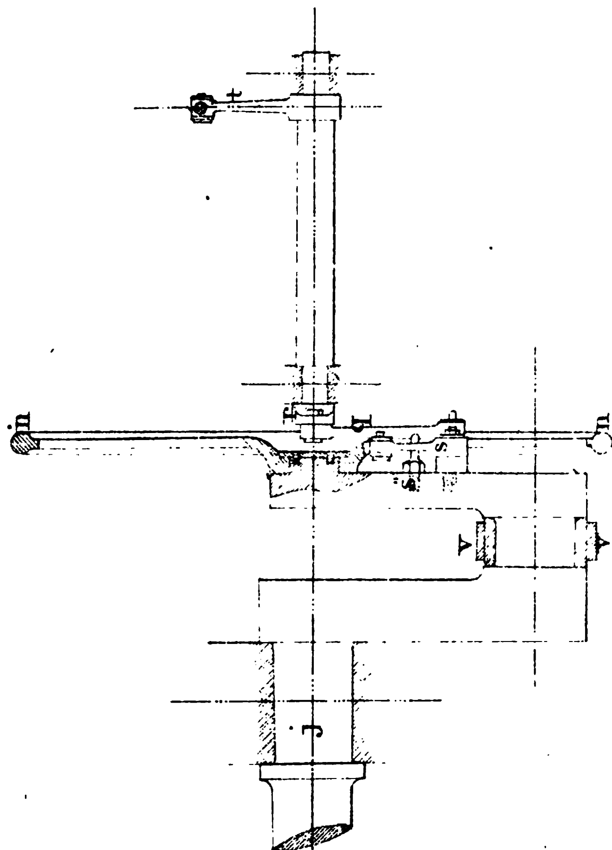
Ce piston, fermant lui-même son tiroir dès qu'il tend à marcher plus vite que le conducteur ou en sens inverse, ne pourra par conséquent cheminer que selon les indications et la mesure permise par la tige *m* qui le tient en bride comme la main d'un cavalier marchant à terre conduit son cheval par le mors.

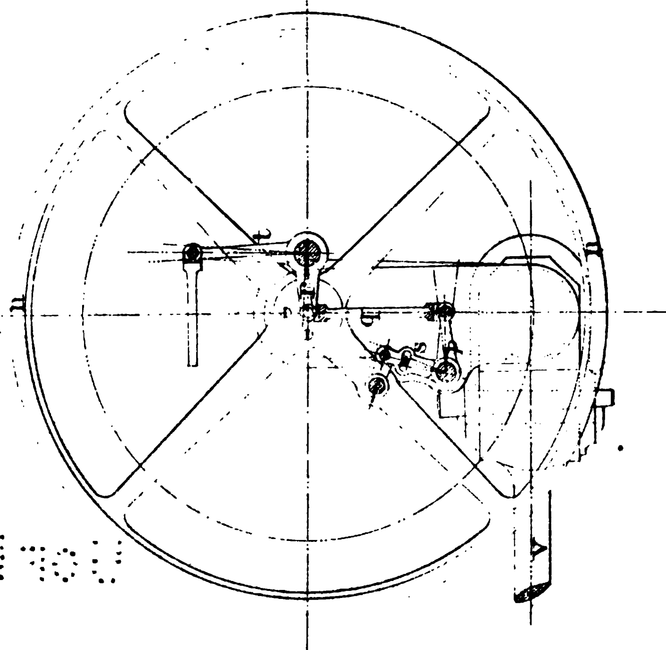
Il est évident, par suite, que pour changer la marche du piston il suffit de changer le sens de celle de la tige *m* et de son action sur le doigt *s*.

On reconnaît facilement que dans le système articulé *s p q r t,* le doigt *s* manœuvre l'autre branche *p* de l'équerre *s p* et par suite la bielle *q*, puis l'équerre *r t* qui tourne sur son axe fixe *x* et commande le tiroir par la bielle supérieure *u*.

L'équerre asservissante s p qui, comme nous le verrons plus loin, *peut être dans beaucoup de cas avantageusement transformée en un simple balancier droit,* constitue la *partie essentielle des rênes* et la base même de l'asservissement. Elle peut être définie en principe, comme *formée d'une barre rigide*, plus ou moins coudée ou droite, selon les circonstances, *à trois centres d'articulation* par lesquels elle *relie ensemble le tiroir, le piston et la main du conducteur,* les constituant solidaires entre eux, de telle sorte *que le conducteur et le piston manœuvrent tour à tour le tiroir selon que l'articulation respective de chacun d'eux devient point mobile ou point fixe.*

Il est à remarquer que le bout de l'équerre *r t* sur lequel agit la bielle *q* est maintenu à très-peu près au même centre géométrique que l'axe de rotation de l'arbre *j* à manœuvrer, de telle sorte que, conformément au troisième principe indiqué ci-dessus (en 3°), tout mou-





Autog. Brouse. R. de Dunkerque. 43 à Paris.

vement du levier *d* peut se produire, quand le conducteur marche, sans agir sur le tiroir, qui n'est commandé que par le mouvement relatif du doigt *s* par rapport au levier *d* ou sous l'impulsion et par l'arrêt de la tige *m*, qui, avec le système articulé *s p q r t*, sert de rênes au conducteur. C'est là une particularité essentielle et constitutive du système.

Le tiroir *c* du cylindre peut être d'une disposition quelconque; mais, comme il doit être gouverné par le conducteur de l'appareil, il faut nécessairement qu'il soit le moins résistant possible.

La disposition représentée fig. 1, 1 *bis*, fig. 2, 2 *bis*, réalise cette condition importante.

On reconnaît facilement que ce système consiste en un tiroir ordinaire *c* dont on réduira la course et les dimensions autant que possible, et dont le tracé pourra varier selon les circonstances et conditions de marche, mais commandé par un bras *f* tournant autour de l'axe *k*, le moment de résistance du frottement de la garniture d'étoupe étant ainsi réduit au minimum.

Le bras *f* entraîne le tiroir en engrenant par son extrémité avec deux dents *i i* venues latéralement sur le tiroir : un ressort *g*, placé dans le bras *f*, pousse constamment le doigt *n* contre le tiroir; la pointe de ce doigt agit au centre géométrique d'oscillation, pris par rapport au bras *f* du tiroir, qu'il maintient ainsi appliqué contre la glace du cylindre sans produire un effort résistant sensible.

Le tiroir pourra utilement être fait *à découvrement*, c'est-à-dire plus court que l'écartement extrême des orifices (fig. 4), de façon à donner de la vapeur également des deux côtés du piston lorsqu'il arrive à sa position milieu; il pourra ainsi, dans certains cas, arrêter plus facilement ce piston et le fera mouvoir en avançant

lui-même au delà, d'un côté ou de l'autre, et faisant échapper la vapeur du côté vers lequel le piston doit marcher.

On donnera, ou non, du recouvrement intérieur selon les circonstances. Ce tiroir peut aussi être d'un tracé tout autre et de système quelconque.

Nous verrons au chapitre IV, dans la description des servo-moteurs de gouvernails, un emploi bien plus important de ce *tiroir à découvrement,* au point de vue de l'économie de vapeur.

Nous ferons remarquer que, comme le représente la figure 1, il sera très-utile de *disposer les galeries ou conduits d'arrivée et de sortie de vapeur* de manière qu'elles aboutissent toutes deux *en bas du cylindre* supposé horizontal, afin que *la purge de l'eau condensée s'effectue ainsi spontanément* et constamment sans organe spécial.

Il est facile de comprendre que le système de distribution automatique ou *selfacting* qui constitue la partie essentielle et comme les RÊNES ou *le frein autonome* du servo-moteur, pourra être modifié dans ses détails de bien des façons, suivant les applications, mais en conservant toujours les trois principes constitutifs de la construction et de l'action du système tel que nous les avons exposés ci-dessus (en 1°, 2° 3°, § 1).

§ 3. — *Type primitif à rotation continue.*

On appliquera facilement au mouvement de rotation continue la variante de rênes que nous venons de décrire : les fig. 5 et 6 représentent une des dispositions que l'on peut adopter dans ce but.

La bielle motrice *v* est supposée transportée dans un plan différent de celui du frein autonome ; le conducteur manœuvre au moyen du volant *n* agissant en toute po-

sition sur le doigt *s* dont le butoir *s''* limite la course angulaire et, par suite, sur le tiroir que conduit le frein autonome articulé *s p q r t*, et qui sera de système quelconque, équilibré ou non.

Pour faciliter le passage des points morts du mouvement du tiroir qui coïncident avec ceux de la manivelle principale *d*, il conviendra de donner un certain jeu longitudinal à l'articulation de la bielle *q*, avec le bras *r* situé en face du centre de l'arbre *j*.

Cette variante à rotation continue devrait pour exécution être étudiée spécialement dans certains détails; mais nous verrons plus loin, § 5, que nous avons constitué un système plus simple et plus complet avec une autre variante.

Nous devons dire néanmoins que l'on simplifierait et améliorerait considérablement la variante des fig. 5 et 6, en transformant le bouton central manœuvré par la bielle *q* des rênes en un maneton faisant fonction d'excentrique pour commander directement un tiroir quelconque et glissant dans une *coulisse* rectiligne ou de courbure spéciale *montée sur le bout de l'arbre perpendiculairement à la direction de la manivelle, les rênes étant orientées en conséquence sur le volant n;* de telle sorte que, si ce maneton est amené au centre, la course du tiroir devient nulle, et que si, au contraire, on pousse ou tire ce maneton dans la coulisse au-delà ou en deçà du centre par l'effet du mouvement des rênes, dans un sens ou dans un autre, la marche est changée instantanément comme par un décalage d'excentrique dans les machines ordinaires, avec ou sans avance.

Cette variante simplifiée se comprend facilement et pourra être modifiée de bien des façons.

CHAPITRE II.

VARIANTES DIVERSES.

---

§ 4. — *Variante actuellement habituelle.*

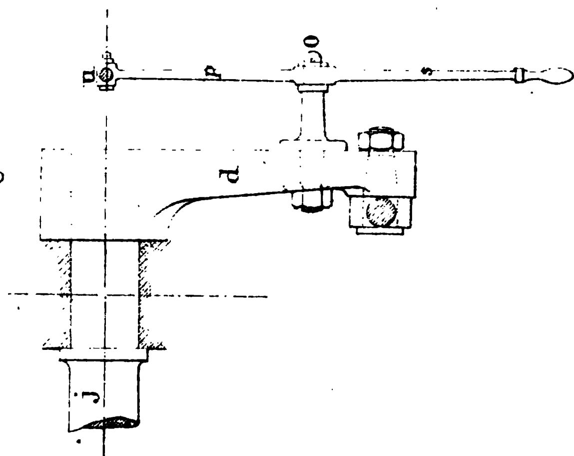
Nous représentons (fig. 7, 8) la variante de rênes que nous employons maintenant le plus habituellement pour servo-moteurs à mouvement angulaire alternatif, et qui a été appliquée en principe pour les gouvernails : on en reconnaît immédiatement toute la simplicité.

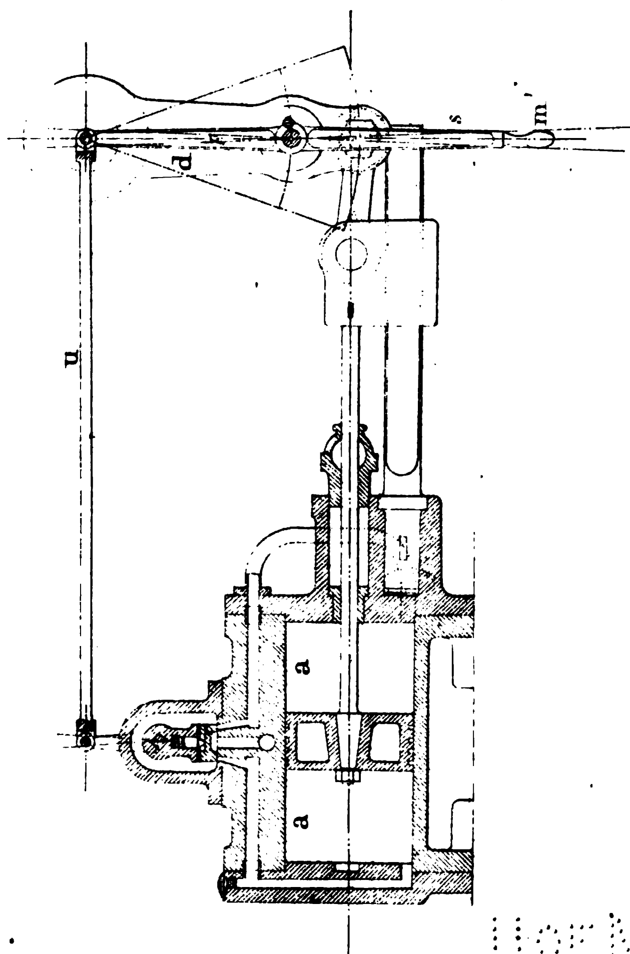
Son système de rênes dérive du précédent et consiste en un seul balancier *s p* mobile sur la manivelle *d* à l'extrémité duquel la main du conducteur agissant en *m'* asservira complétement le mouvement du piston *b* comme dans le type primitif. On reconnaît facilement, en effet, que, lorsque le conducteur pousse ou tire sur cette poignée *m'*, les choses se passent exactement comme lorsque, dans le type précédent, il agit sur la bielle *m* ou sur la branche *s* de l'équerre *s p* (fig. 1) et qu'aussi le piston ne peut se mouvoir indépendamment de cette poignée *m'* sans réagir lui-même sur le tiroir *c* de la même manière que dans le type précité.

Nous ferons remarquer que :

1° Le balancier constituant cette nouvelle variante des rênes et qui peut être de longueur plus grande ou plus courte que la manivelle, n'est autre chose que l'équerre *s p* de nos rênes primitives (fig. 1, 3), redressée, ramenée parallèlement à la manivelle et ayant son extrémité active placée en face du centre de rotation conformément à notre troisième principe constitutif du servo-moteur (§ 1).







Autog. Broise Rue de Dunkerque 43 à Paris

SERVO-MOTEUR FARCOT.

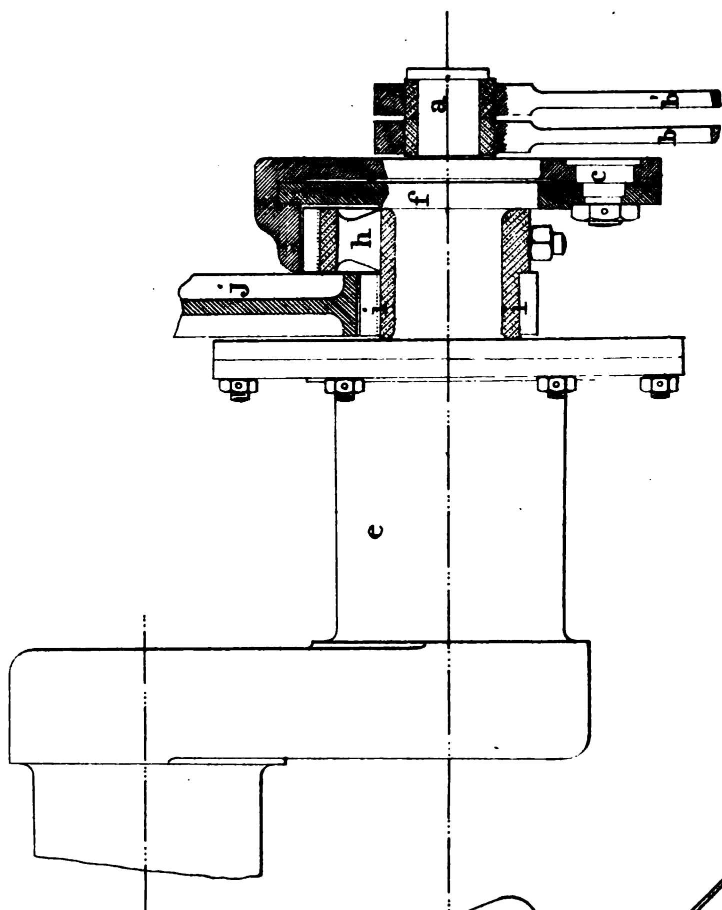


Fig 10.

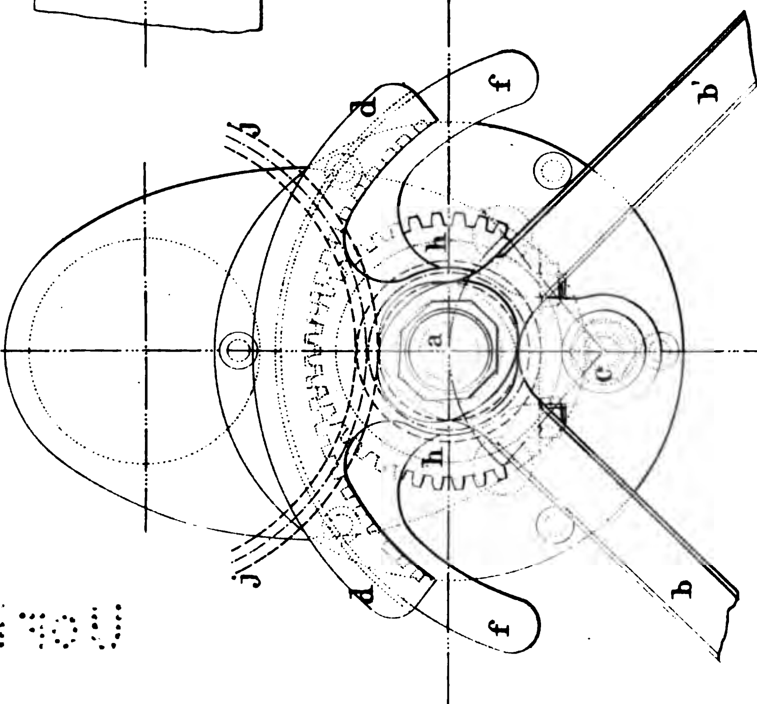


Fig 9.

Autog. Broise R. de Dunkerque 43 c. Paris.

2° Ce balancier pourra avoir son point d'oscillation *o* situé entre ses deux extrémités ou à l'une d'elles, selon les circonstances, agissant comme levier de genre varié.

3° Son centre d'oscillation *o* sera fixé sur la manivelle ou sur un bras spécial, relié à l'arbre ou axe de rotation.

On constituera pour mouvement de rotation continue un système de rênes simple et efficace en appliquant cette variante comme nous allons le voir, et la transformant suivant les principes exposés antérieurement et selon les circonstances.

§ 5. — *Variante habituelle pour rotation continue.*

Nous représentons (fig. 9, 10) le système de rênes ainsi constitué, disposé, par exemple, pour l'asservissement des machines à rotation d'une tour cuirassée.

Les machines sont supposées inclinées l'une vers l'autre et faisant ensemble un angle de 90° degrés.

a est le bouton de distribution commandant les tiroirs et faisant fonction d'excentrique.

b b' bielles manœuvrant les tiroirs.

Le bouton *a* fait corps avec un plateau *d*, de fer ou de tout autre métal, denté intérieurement à sa circonférence extrême, et pouvant osciller autour d'un centre ou axe *c* de rotation, fixé lui-même sur un autre plateau *f*, calé à l'extrémité de l'arbre *e* principal ou faisant corps avec lui.

Un pignon ou secteur denté *h*, en deux pièces, engrenant avec la crémaillère ou denture circulaire intérieure du plateau mobile *d*, peut, en tournant à droite ou à gauche, faire subir à ce plateau un déplacement angulaire variable, et produire ainsi l'effet d'un décalage d'ex-

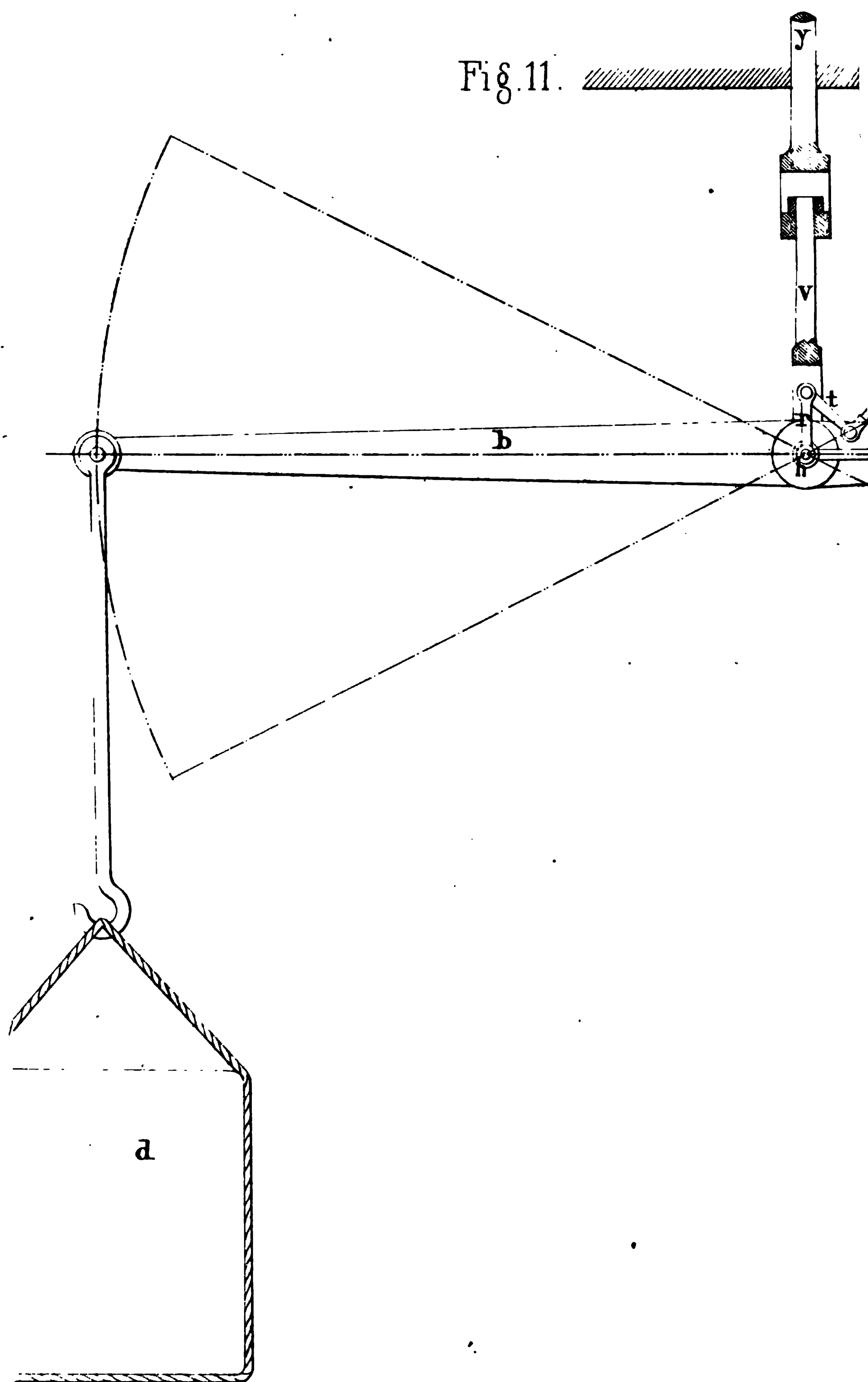
centrique pour la distribution, en transportant le bouton *a* à droite ou à gauche de sa position angulaire moyenne.

Quand le bouton *a* passe sur cette ligne moyenne, il se trouve en même temps, comme le représente la figure 9, exactement en face de l'arbre *e* principal, et lui est concentrique ; c'est la position *stop* dans laquelle les tiroirs ne subissent plus aucun mouvement.

On voit donc que le changement de marche le plus rapide et le plus efficace est ainsi constitué, la rotation partielle du pignon ou secteur *h* suffisant pour effectuer instantanément, marche en *un* sens, puis stoppe, puis marche en sens contraire du premier. La courbure du mouvement angulaire et circulaire, décrit par le bouton *a* dans ce déplacement, produit une avance utile et notable pour la distribution ; car le bouton *a* se trouve ainsi, à chaque extrémité de sa course, calé à plus de 90 degrés avec la manivelle motrice, coudée ou non, qui, pour l'état des choses représenté figures 9 et 10, aurait son corps dans la direction verticale au-dessus de l'arbre *e*.

Pour obtenir un asservissement exact et précis, il suffit que la main du conducteur agisse sur le pignon *h*; c'est ce que l'on obtiendrait en calant sur ce pignon un volant à main par exemple analogue à ceux de nos premières variantes de rênes à rotation continue.

C'est ce que l'on fera pour mouvements ordinaires; mais, dans l'application considérée, le conducteur étant placé sur la tour mobile, et l'arbre à manivelle n'étant pas à sa portée, il commandera les rênes et le pignon *h*, par l'intermédiaire d'une série de roues légères constituées dans le même rapport total que la transmission de mouvement principale de la tour. Le pignon *i*, voisin de celui *h* et faisant corps avec lui, est le dernier élément de cette transmission légère; il est actionné par une roue *j* fixée sur le bâti ou par tout autre moyen.


Fig. 11.
y
v
t
b
h
a

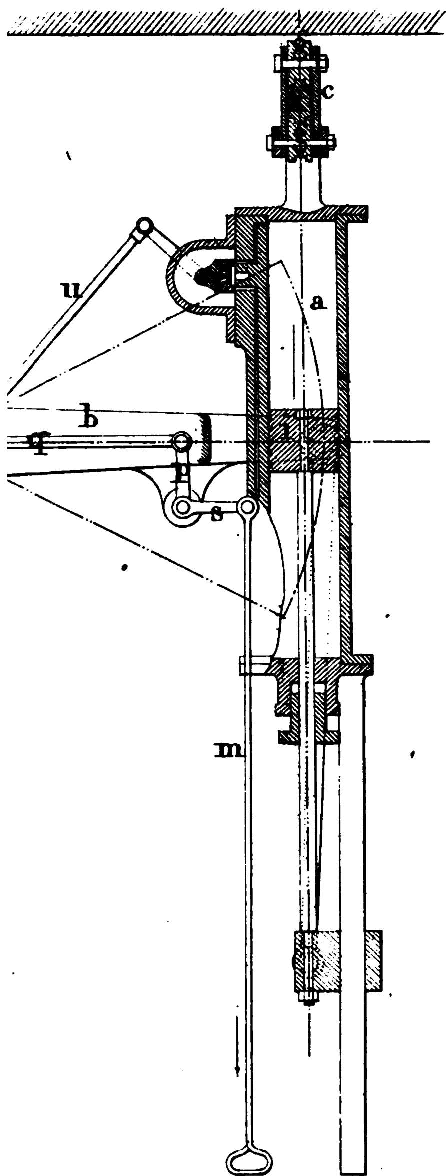
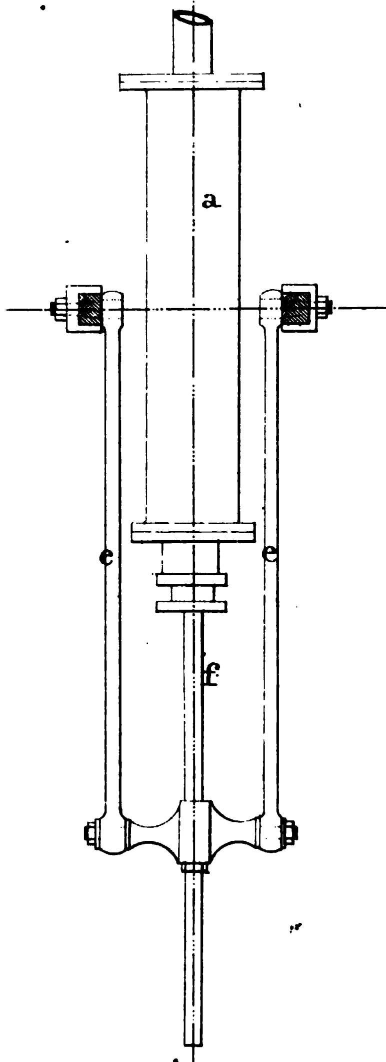


Fig. 12.



Autog Broise R. de Dunkerque, 43 à Paris.

La ligne géométrique qui joint le centre *c* au centre du bouton *a* constitue en réalité le balancier des rênes suivant la variante décrite ci-dessus, § 4; le plateau mobile *d*, malgré ses formes nouvelles, n'est donc pas autre chose que le corps matériel de ce balancier; il sera manœuvré par le conducteur, soit au moyen d'un volant à main, monté directement sur l'arbre *e* ou sur le pignon *h*, comme nous l'avons dit, soit au moyen d'une transmission quelconque actionnant ce pignon *h*, par l'intermédiaire du pignon *i* ou de toute autre façon.

Cette variante de notre système de rênes sera d'un emploi très-commode, avantageux et sûr pour machines à mouvement de rotation continu.

§ 6. — *Variantes du servo-moteur pour applications spéciales.*

Nous allons décrire quelques dispositions spéciales qui seront utiles dans certains cas, notamment pour la construction de petits appareils de levage, destinés à saisir un fardeau et à le placer instantanément, avec précision, juste à l'endroit désigné.

Les figures 11 et 12 représentent un servo-moteur constitué, pour ce qui concerne les rênes et leur principe d'action, conformément à la description que nous avons donnée dans notre premier type, § 2. Dans cet appareil le cylindre *a* est mobile, ainsi que le balancier *b*, dans un plan horizontal ou perpendiculaire au plan d'oscillation. On reconnaît facilement par l'inspection des figures que le cylindre *a*, attaché à un chariot supérieur *c*, roule sur galets *gg*, étant suspendu au rail *k*, et se trouve ainsi maintenu dans le plan d'oscillation, tout en acquérant la propriété de se mouvoir transversalement avec l'ensemble de l'appareil tournant autour de

l'axe vertical *v y*, et de déplacer ainsi à volonté dans tous les sens la charge *d* que l'on veut mouvoir.

Le balancier est commandé par deux bielles latérales *e*, reliées à la tige *f* du piston, afin de permettre au centre *h* d'oscillation d'être le plus rapproché possible du plafond.

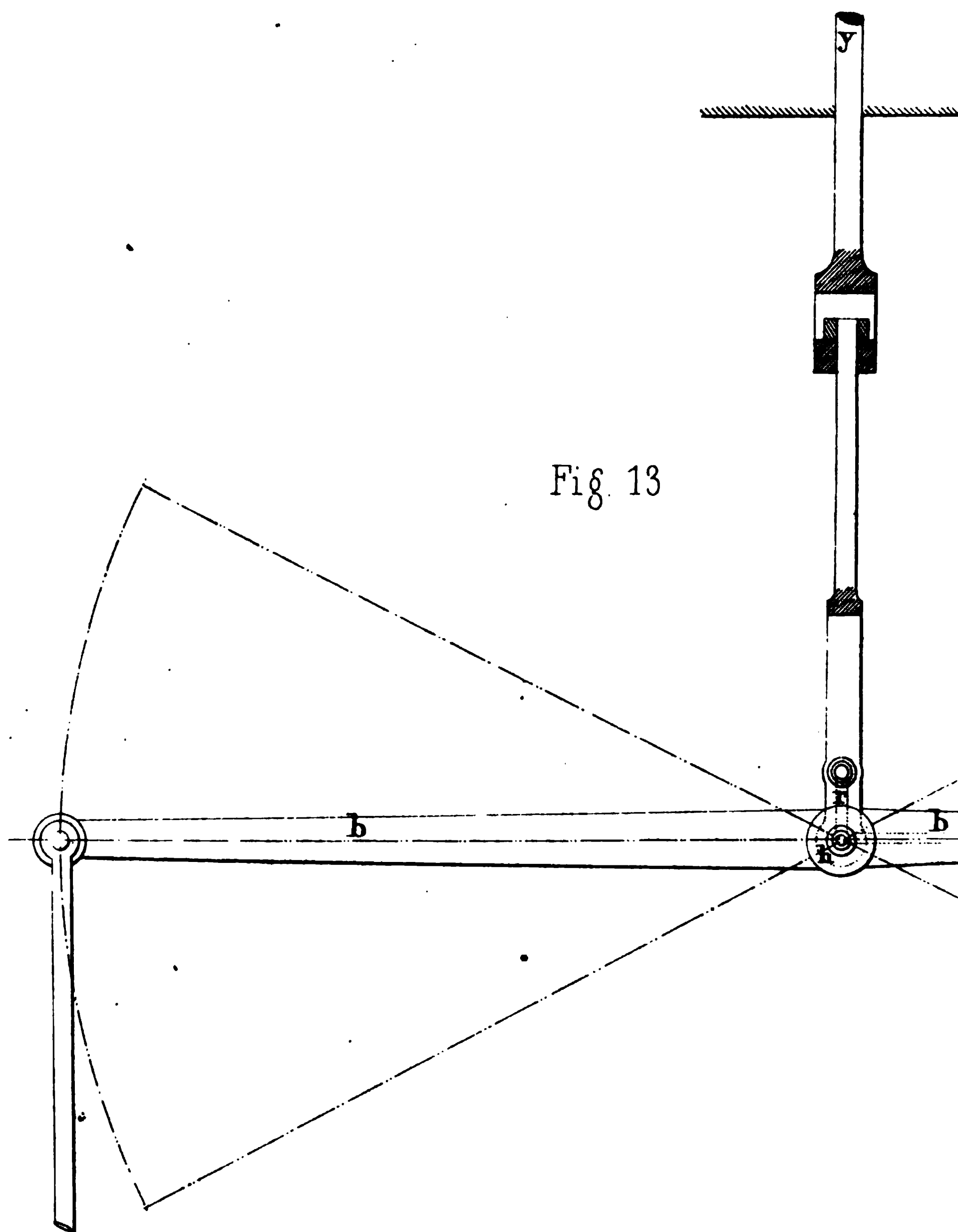
Le balancier pourrait aussi être commandé directement sans bielles par la tige du piston; une légère oscillation du cylindre *a* suffirait pour compenser la flèche décrite par l'extrémité du balancier.

La conduite de l'appareil est, comme nous l'avons exposé précédemment, obtenue avec toute la précision désirable, au moyen des rênes *s p q r t* qui transmettent à la tige *u*, manœuvrant le tiroir, l'action résultant, dans un sens ou dans l'autre, du mouvement de la bielle *m* que tient le conducteur ou du déplacement du balancier *b*.

Le piston *i* agira en poussant pour mouvoir la charge *d*. On pourra le faire agir en tirant; il suffit pour cela de placer le cylindre au-dessous du balancier, ou bien de le transporter du côté de la charge, en le laissant au-dessus, ou bien encore d'employer un renvoi de mouvement quelconque selon les circonstances. On pourra aussi amplifier le mouvement, soit par l'inégalité des bras du balancier, comme l'indique la figure 1, soit par poulies, chaînes, moufles, ou par tout autre organe accessoire connu.

Les figures 13 et 14 représentent une variante de la disposition indiquée figures 11 et 12; seulement le cylindre *a*, au lieu d'être fixe verticalement et attaché à un chariot comme dans la figure 11, est mobile sur la tige *f* de son piston fixe et oscille sur ses tourillons *l l'* supportés par le balancier *b*.

On reconnaît encore dans cette variante les rê-


y
Fig. 13
b
b
r
h
a

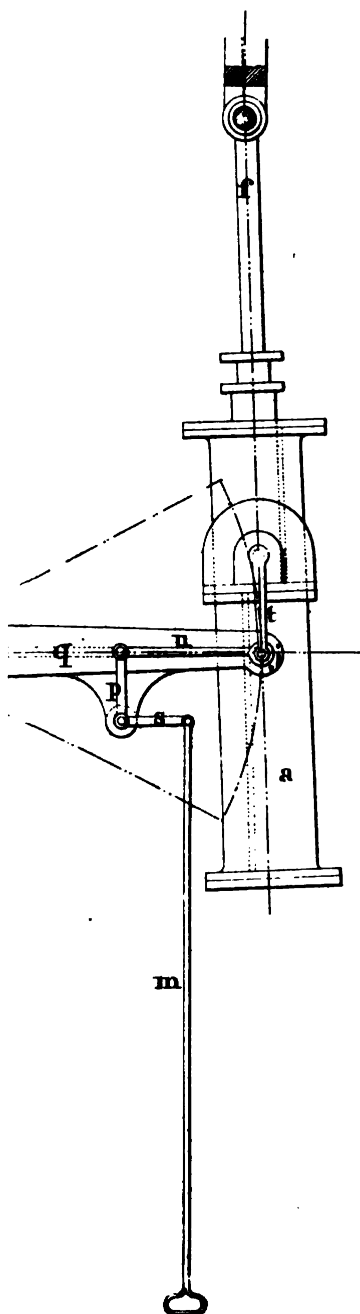
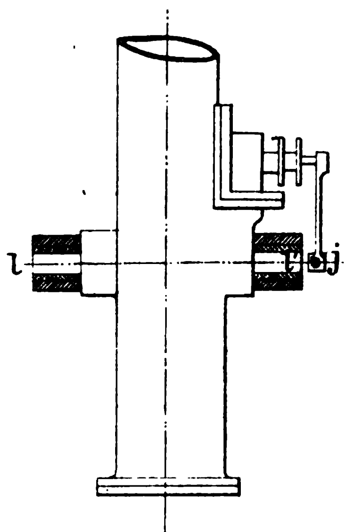


Fig. 14.



Autog. Broise R. de Dunkerque. 43 à Paris

nes *s p q* qui transmettent à la tige *u*, manœuvrant le tiroir, le mouvement dans un sens ou dans l'autre, produit par la bielle *m* que tient le conducteur.

Le piston, dans ce cas, est fixe, et le cylindre se meut verticalement de bas en haut ou de haut en bas, suivant que l'introduction de vapeur se fait en dessus ou en dessous du piston. Ce mouvement de va-et-vient est transmis directement au balancier *b* sur l'un des bras duquel le cylindre est monté.

Pour que l'oscillation du cylindre n'ait aucune influence sur les rênes *s p q*, et par suite sur le tiroir, il faut, ainsi que le représente le dessin, que le point extrême *j* du levier du tiroir, soit comme le point *h*, indépendant du mouvement angulaire subi et, par conséquent, bien au centre ou axe géométrique d'oscillation du cylindre, conformément au troisième principe constitutif énoncé en 3° § 1.

On reconnaît que, dans cette disposition, le système de rênes est légèrement modifié, bien que constitué d'après nos principes primitifs. La portion ponctuée, formée de la bielle *q* et du bras *r*, doit être considérée comme inutile et nulle dans ce cas particulier. N'ayant servi que de base de déduction pour le raisonnement et, en quelque sorte, de tracé de construction d'après le type primitif, elle devra être supprimée ; l'ensemble des rênes est ainsi réduit au système *s p u t* figuré en traits pleins.

§ 7. — *Variante de rênes pour asservissement de moteurs divers.*

Nous représentons (figures 15 et 16) une nouvelle variante de rênes applicable à un moteur quelconque.

l est la tige conductrice.

s p équerre oscillante constituant la partie principale des rênes.

On voit que la branche *p* de cette équerre est garnie de chaque côté d'une denture de crémaillère pouvant engrener avec l'un ou l'autre des pignons *m n* qui tournent en sens contraire et sont commandés tous les deux par la roue *i*.

Le système de rênes ainsi constitué étant adapté, par l'articulation *j*, à l'extrémité d'une tige *k* à mouvoir, on comprend immédiatement que si le conducteur pousse, par exemple, la tige *l* dans le sens indiqué par la flèche, les branches *sp* de l'équerre se déplaceront immédiatement du jeu angulaire disponible faisant engrener une des crémaillères de *p* dans l'un des pignons, et par suite ce pignon *m* entraînera tout le système *kjsp* dans le sens de sa rotation, produisant ainsi une translation de même sens que la direction donnée par le conducteur.

L'effet inverse se produira par le pignon *n* quand la tige *l* sera tirée en sens inverse, ou bien lorsque, cette tige restant immobile sous la main du conducteur, la barre *k*, par une cause quelconque, tendra à continuer intempestivement un mouvement commencé; on aura, de cette façon, marche, recul ou *stop* selon la volonté du conducteur.

On comprend que ce système de rênes agit ainsi comme les autres types précédemment décrits, que la position *stop* aura lieu, sans charge, lorsque la branche *s* sera perpendiculaire à la tige *k*, la crémaillère double *p* étant désengrenée de chacun des deux pignons.

On pourra appliquer ce système de rênes à la manœuvre de débrayages par exemple, ou de pièces de machine quelconques sous l'action d'un régulateur ou d'un conducteur.

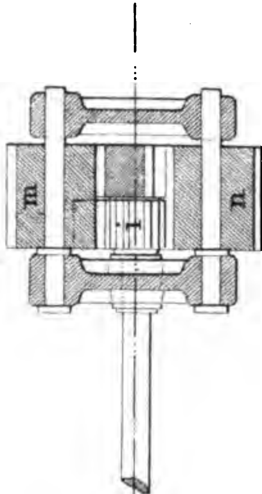


Fig. 16

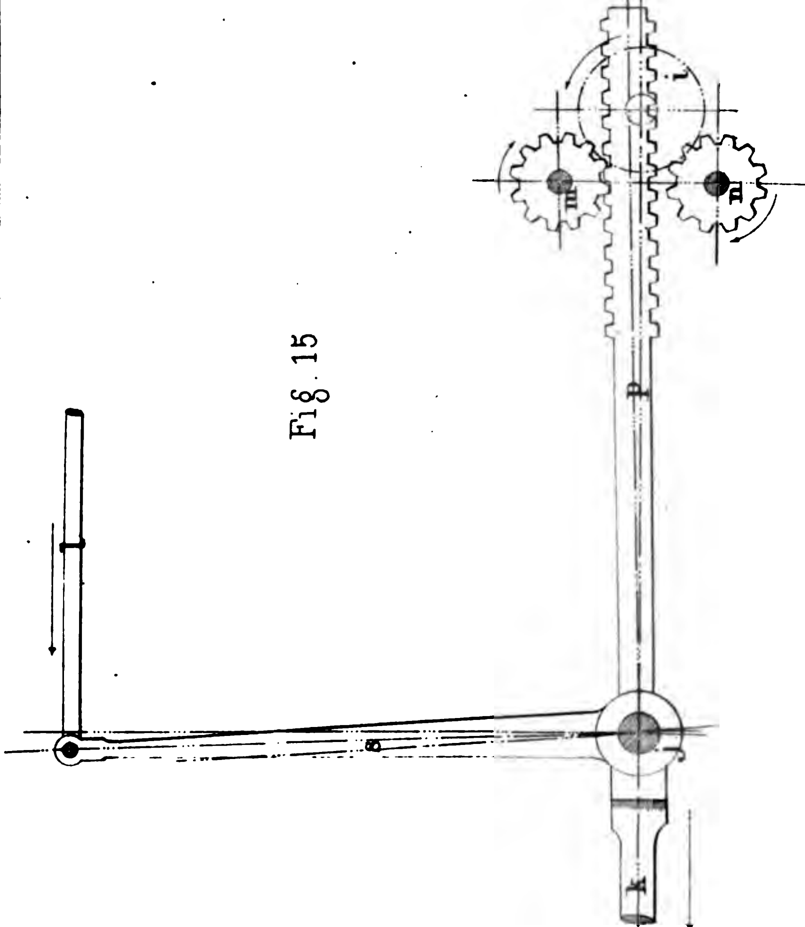
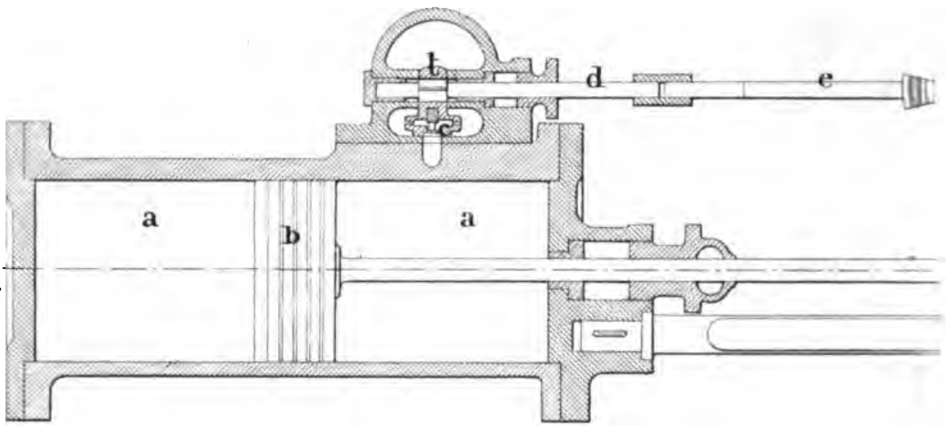


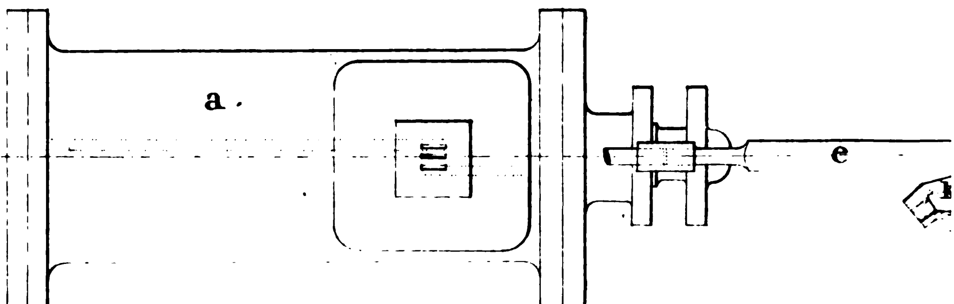
Fig. 15

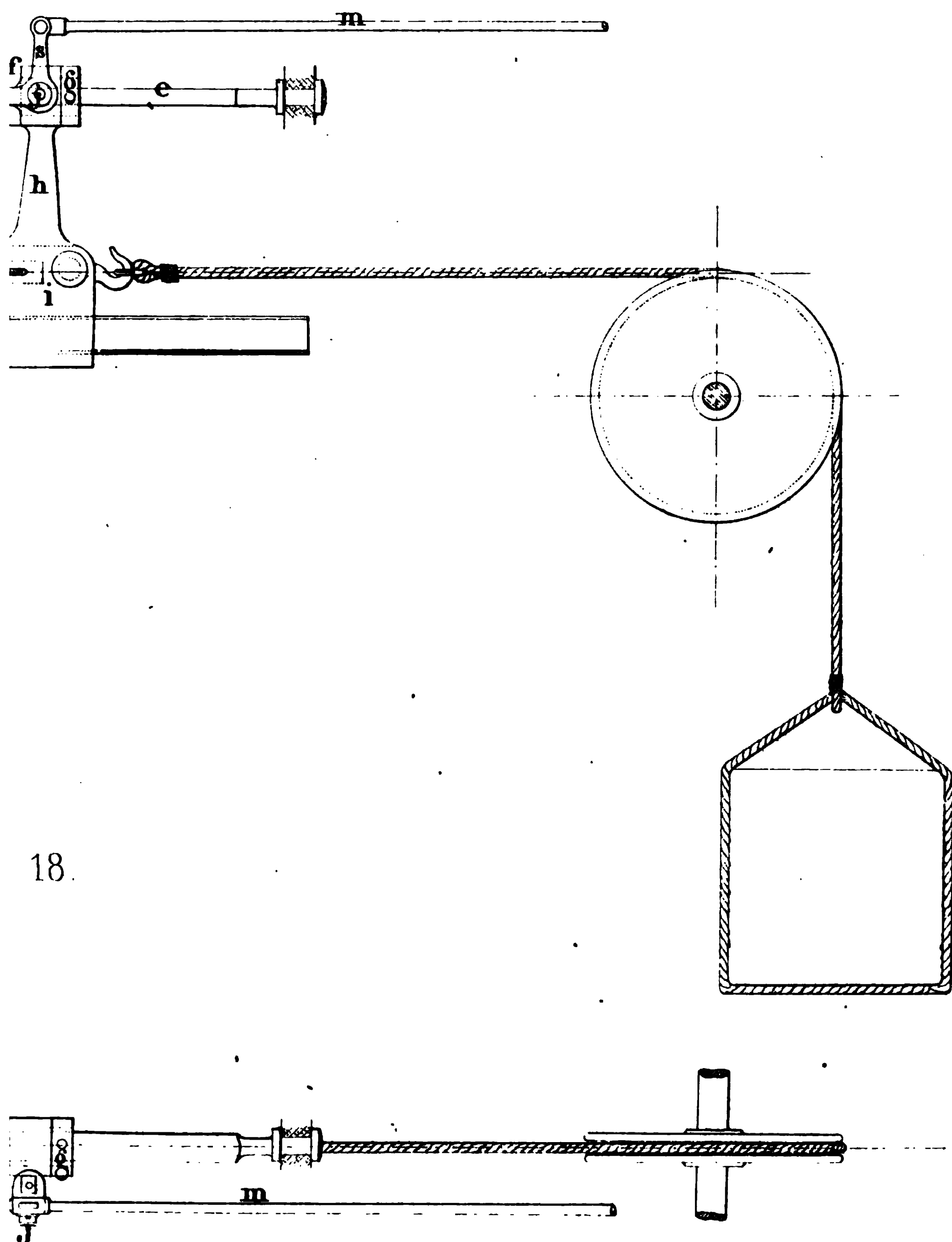
Autog. Broise Rue de Dunkerque 43 à Paris.

Fig. 17.



Fi





Autog. Brosse. R. de Dunkerque, 43 à Paris.

§ 8. — *Variante de rênes du servo-moteur applicable surtout au mouvement rectiligne sans balancier.*

Nous allons actuellement décrire une nouvelle variante de rênes très-simple et applicable surtout au mouvement rectiligne sans balancier.

Il est à remarquer que, dans tout système articulé de rênes *spqrt* établi d'après les principes de notre type primitif (§ 2), l'équerre *sp* est le membre essentiel produisant l'asservissement ; car c'est par elle que le mouvement angulaire relatif du conducteur et du piston conduit, se produisant sur l'une ou l'autre extrémité de la branche *s*, est traduit en un mouvement perpendiculaire à la translation, en agissant sur le tiroir, soit que le conducteur chemine devant le piston, ou que le piston tende à marcher plus vite que le conducteur.

La variante que nous venons de décrire, et que nous avons représentée figures 15 et 16, est une application de ce principe essentiel et constitutif; la nouvelle variante que nous allons décrire est du même ordre d'idées et découle du même principe.

Elle donne réellement pour le mouvement en ligne droite sans balancier, comparativement au type primitif du § 2, la solution correspondant à un balancier d'un rayon infini dont tous les points décrivent des arcs de cercles rectilignes.

On reconnaît facilement (fig. 17 et 18) un cylindre *a* à vapeur, analogue à ceux qui ont été décrits précédemment ; le tiroir *c* est commandé par la rotation de la tige *d* et se meut transversalement au cylindre et non parallèlement, et ce qui caractérise ce nouveau type de rênes, c'est que cette tige *d* est le prolongement d'une barre de section rectangulaire *e* sur laquelle glisse une

douille *f* à embase, représentée plus en grand figures 19 et 20, et reliée par le moyen de la bague *g*, à un bras *h*, lequel fait corps avec le bloc *i* de la tige du piston, de telle sorte que, lorsque le piston se meut, le bras *h* entraîne avec lui la douille *f* et la fait glisser avec tout ce qu'elle porte le long de la barre *e*.

Sur l'un des flancs du bras *h*, dans le plan horizontal passant par l'axe de la tige *d* du tiroir, est fixé un bouton *j* servant d'axe d'oscillation à l'équerre d'asservissement *sp* dont la branche *p* commande un doigt *k* faisant corps avec l'embase de la douille *f*.

On conçoit facilement alors comment l'asservissement du moteur est effectué par l'action de l'équerre *sp*.

Si le conducteur tire, par exemple, la tige *m*, il incline la branche verticale *s* et lève par suite celle *p*, qui, commandant le doigt denté *k*, fait tourner avec la barre *e* la tige *d* du tiroir; le piston reçoit ainsi la vapeur et marche dans le même sens que le conducteur, les galeries ou tuyaux de vapeur étant dirigés convenablement de la boîte de distribution vers chaque bout du cylindre.

Si ce piston *b* veut marcher plus vite que le conducteur, ou si ce dernier s'arrête, le bout supérieur de la branche *s* devient point fixe relatif, et le piston marchant fait mouvoir en sens inverse du premier mouvement l'équerre *sp*, et avec elle le doigt *k*, la barre *e*, la tige *d* et le tiroir *c*.

En un mot, l'asservissement est constitué complétement comme dans notre type primitif et par le même moyen essentiel et constitutif qui est l'équerre *sp*, mais sans balancier d'oscillation et pour mouvement en ligne droite.

Le bloc *i* tirera une charge ou manœuvrera un objet quelconque, selon la destination du moteur, agissant par bielle, chaînes, ou autrement.

Fig. 21.

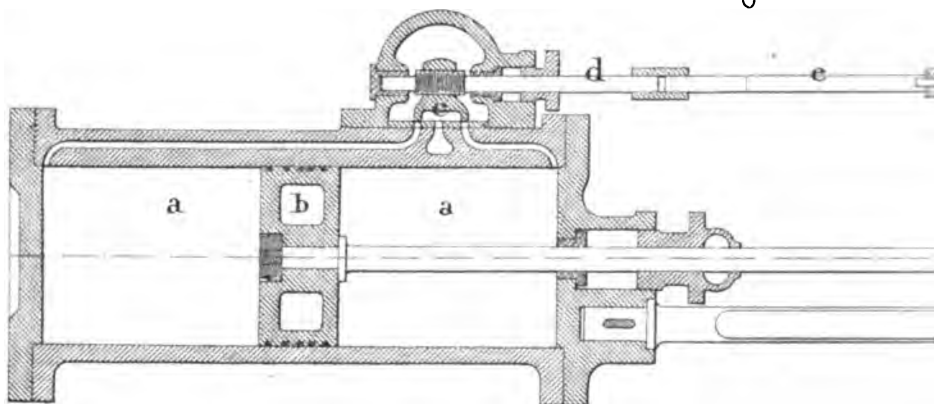


Fig. 19

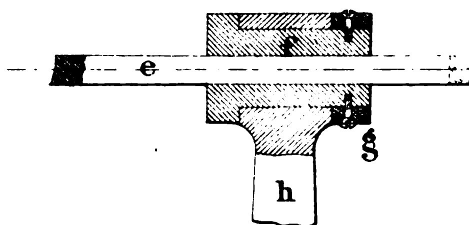
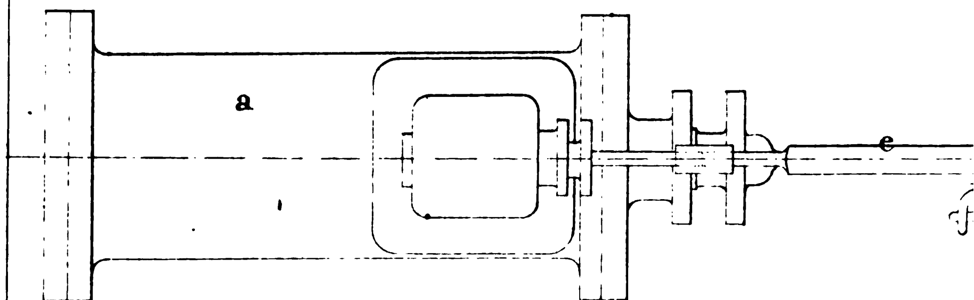


Fig. 22



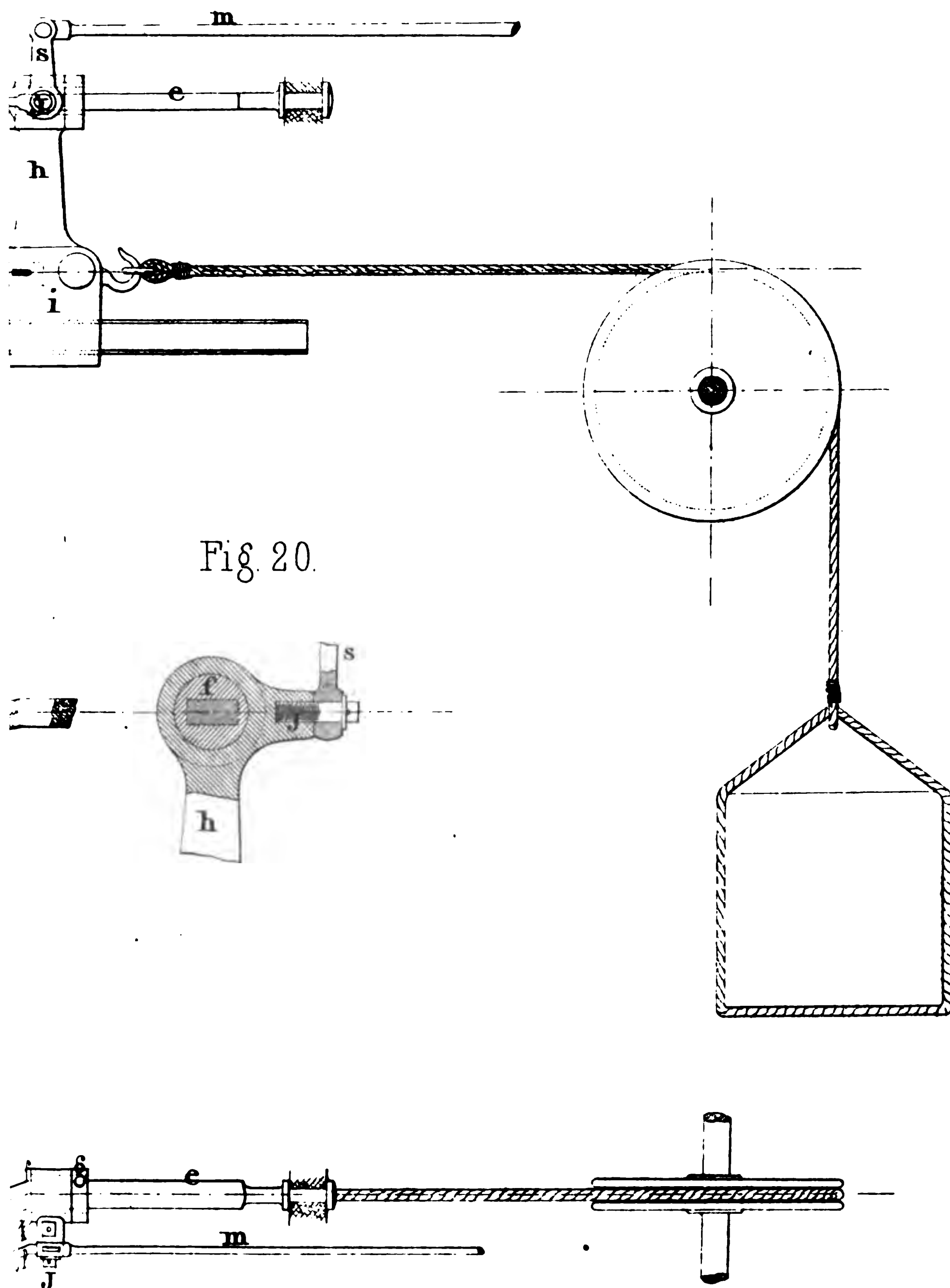


Fig. 20.

Autog. Browse R. de Dunkerque, 43 à Paris

On reconnaît, figures 21 et 22, une installation analogue à la précédente, dans laquelle les mêmes lettres désignent les mêmes parties que dans les figures 17, 18, 19 et 20, mais qui présente cette particularité que le tiroir, se mouvant parallèlement au cylindre, est commandé au moyen d'un filet de vis venu avec la tige *d* au lieu d'être manœuvré par le bras *t* suivant le mode indiqué sommairement figures 17 et suivantes.

On pourra varier à volonté les dispositions et les détails de ce servo-moteur; employer, par exemple, une tige carrée ou une tige ronde à rainures au lieu de la barre rectangulaire *e;* modifier, en un mot, tout ce que les circonstances conduiront à modifier, le principe de la variante du servo-moteur en ligne droite restant celui que nous avons indiqué en décrivant l'action de l'équerre, asservissante constitutive *s p,* à branches verticale et horizontale, c'est-à-dire perpendiculaire et parallèle à la translation.

Cette équerre est, comme nous l'avons dit, la base même des rênes du servo-moteur en général; le balancier des rênes dans le type du § 4, figures 7 et 8 n'est autre chose que cette équerre redressée, comme nous l'avons exposé audit § 4.

§ 9. — *Variante du système de rênes pour servo-moteur rectiligne à petite course.*

Nous allons encore indiquer une disposition intéressante et utile en certaines circonstances.

Pour asservir tout moteur en ligne droite, lorsque la course de la tige motrice sera faible, on pourra avec avantage employer l'équerre simple, représentée figure 23.

a est la tige motrice, poussée par un piston ou par tout autre organe moteur.

b, crosse montée sur cette tige.

sp, équerre asservissante qui, comme nous l'avons dit, est la partie essentielle du servo-moteur et de ses rênes.

d, tige conductrice.

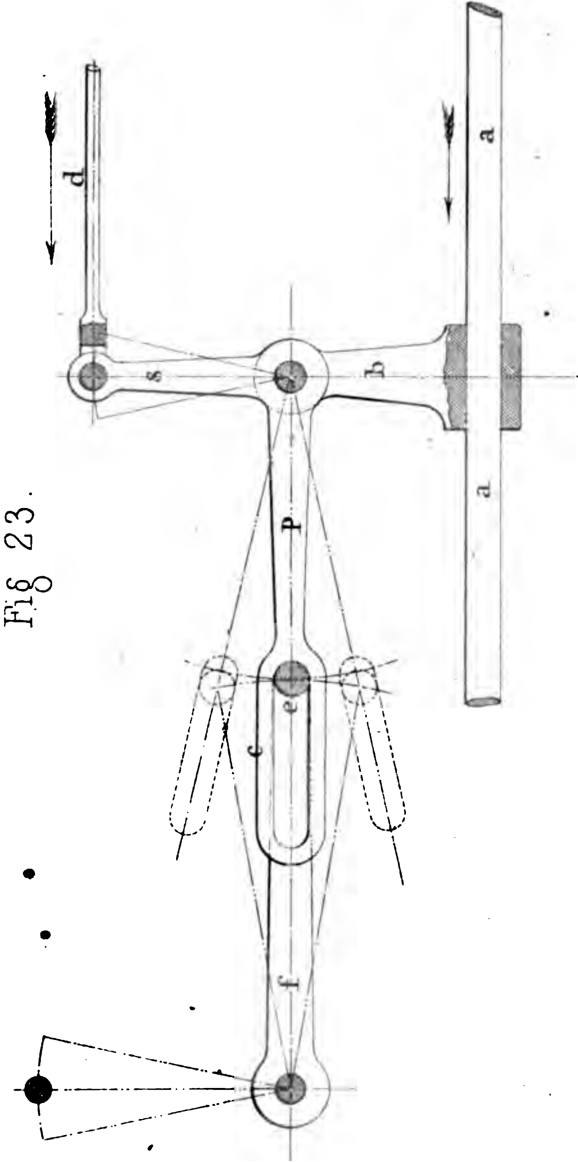
f, levier transmettant l'effet des rênes au tiroir ou à l'organe régulateur ou distributeur du moteur.

On reconnaît facilement que la course possible de la tige *a* est limitée de valeur par la longueur intérieure de la bride *c* de l'équerre *s p* dans laquelle peut se mouvoir le bouton *e* du levier *f*. Si maintenant le conducteur tire dans un sens ou dans l'autre la tige *d*, on voit facilement qu'il fera incliner l'équerre *s p* et par suite lèvera ou baissera le levier *f* et que, si le conducteur s'arrête, la tige *a*, en poursuivant son mouvement, renversera d'elle-même l'action distributrice, comme dans nos rênes primitives. Le moteur sera ainsi complétement asservi, dans sa course rectiligne réduite, sans autre appareil de rênes.

§ 10. — *Variante de MM. Duclos et Cie.*

MM. Duclos et Cie, constructeurs de machines à Marseille, ont, dans ces derniers temps, imaginé une variante de notre servo-moteur que nous croyons devoir indiquer à la suite des autres et qui, moins simple que les précédentes, devra selon nous être restreinte dans ses applications.

Mais cette variante est ingénieuse et montre bien que, comme nous l'avons dit, on pourra constituer du servo-moteur des transformations ou variantes en nombre indéfini, les applications de cet appareil étant aussi éten-



Autog. Broise R. de Dunkerque. 63 à Paris.

dues que l'emploi du travail mécanique lui-même en général. Il suffira, pour obtenir les résultats attendus, de conserver toujours les trois principes constitutifs de la construction, tels que nous les avons exposés en commençant, se résumant dans l'énoncé final du paragraphe premier.

MM. Duclos et Cie sont actuellement concessionnaires de nos brevets pour les applications diverses du servomoteur à la marine de commerce.

Voici la variante de M. Duclos :

Un piston moteur *a* fonctionnant à l'ordinaire dans son cylindre *b* porte à l'intérieur un tiroir *c* de disposition quelconque, équilibré ou non et que nous représentons à coquille.

Une tige *d* manœuvrée de l'extérieur, d'une façon quelconque par le conducteur, ouvre ou ferme le tiroir *c*.

e Tige du piston actionnant ce que l'on veut.

p Tuyau trombone par lequel la vapeur de la chaudière pénètre dans le piston, c'est-à-dire dans la première chambre *a'* et arrive sur le tiroir *c*.

q Tuyau trombone d'échappement conduisant au dehors la vapeur que le tiroir *c* évacue dans la deuxième chambre intérieure *a''* du piston *a*.

A l'inspection de la figure 24 on reconnaît facilement que le système est asservi d'après les principes du servomoteur. Le conducteur, en tirant par exemple la tige *d* du tiroir suivant la flèche indiquée, enverra de la vapeur derrière le piston du côté de la tige *e* et fera échapper la vapeur située du côté opposé. Le piston *a* marchera donc avec la main du conducteur et puis, si cette main s'arrête, et que ce piston *a* tende à continuer son mouvement, la tige *d* étant devenue fixe, il renversera lui-même la position du tiroir et par conséquent stoppera ; puis il re-

culerait de lui-même si son impulsion était assez forte pour dépasser le point stop du tiroir.

L'asservissement est donc obtenu complétement et suivant les principes constitutifs du servo-moteur.

CHAPITRE III.

CONJUGAISON DE SERVO-MOTEURS. — DISPOSITIONS SPÉCIALES. — APPLICATIONS.

§ 11. — *Emploi de plusieurs servo-moteurs consécutifs ou conjugués se commandant l'un l'autre.*

Dans les appareils de grande puissance la résistance des tiroirs et des organes qui commandent ou asservissent le moteur, pourra devenir trop considérable pour être vaincue directement par un seul homme. On sera amené alors, pour conserver la rapidité d'action, à employer simultanément plusieurs servo-moteurs se commandant ou se conduisant successivement l'un l'autre et conjugués sur un même levier ou sur un même système articulé.

Nous ferons remarquer que lorsqu'on devra ainsi, pour manœuvrer la tige conductrice d'un servo-moteur considérable, utiliser la puissance d'un servo-moteur auxiliaire, il sera souvent très-avantageux de placer ce servo-moteur auxiliaire non pas sur la tige conductrice du grand moteur asservi, mais à l'autre extrémité de ses rênes, c'est-à-dire entre ces rênes et le tiroir ou organe à mouvoir pour manœuvrer le servo-moteur principal.

SERVO-MOTEUR FARCOT.

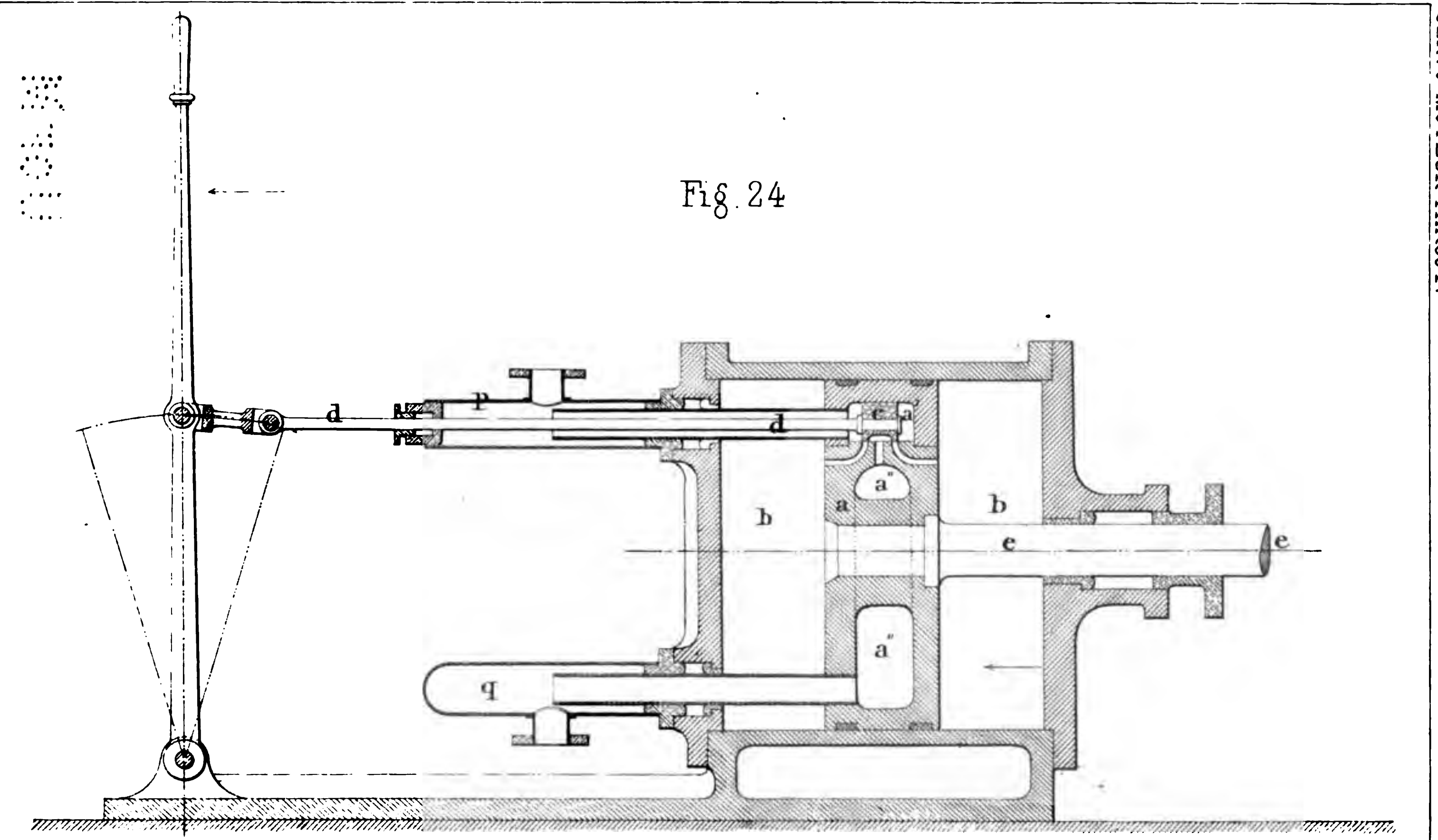


Fig. 24

Autog. Broise R. de Dunkerque, 43 à Paris.

En effet, de cette façon, la facilité de mouvement sera obtenue comme par la première combinaison, mais avec cet avantage important que le petit servo-moteur n'aura à parcourir qu'une petite course correspondante à celle du tiroir du grand servo-moteur, au lieu d'être obligé d'effectuer une course égale à celle de la tige conductrice principale, c'est-à-dire égale à celle du piston du servo-moteur principal, ou lui correspondant.

Ce perfectionnement important sera applicable à toute combinaison de variantes quelconques de nos servo-moteurs agissant sous l'impulsion de fluides ou de puissances quelconques.

Les petits servo-moteurs constitués dans ce but pourront être l'objet de diverses simplifications en raison de leur course extrêmement réduite; par exemple, pour la translation rectiligne sans balancier, la douille à coulisse *f*, ses accessoires *g k*, et la barre *e* sur laquelle elle glisse, représentés figures 17 à 22, pourront être remplacés sans inconvénient, et plus ou moins complétement, par le système représenté figure 23 et décrit plus haut, § 9, qui consiste principalement en une simple rainure horizontale pratiquée dans la branche *p* de l'équerre asservissante primitive, d'une longueur égale à ladite course du piston, recevant le bouton qui commande le tiroir et lui servant de coulisse.

En effet, l'axe ou le centre d'oscillation du tiroir et de sa commande restant toujours, en raison de la petitesse de la course du piston, peu éloigné de celui de l'équerre *s p*, quel que soit le plan dans lequel on l'établisse, la légère variation de la longueur du bras de levier ou d'action de la branche *p*, produite par la translation du bouton dans la rainure ou coulisse horizontale qu'on aura pratiquée dans cette branche *p*, n'altérera

pas sensiblement la précision et la puissance de l'asservissement.

On constituera ainsi selon les circonstances, et de diverses façons, de nombreuses variantes de nos rênes de servo-moteur, obtenues au moyen de l'équerre constitutive et fondamentale *s p*.

§ 12. — *Conjugaison des rênes de plusieurs servo-moteurs.*

On réalisera un très-important perfectionnement en conjuguant sur une même barre les extrémités des rênes de plusieurs servo-moteurs, de façon à permettre au conducteur de pouvoir les asservir et diriger tous à la fois.

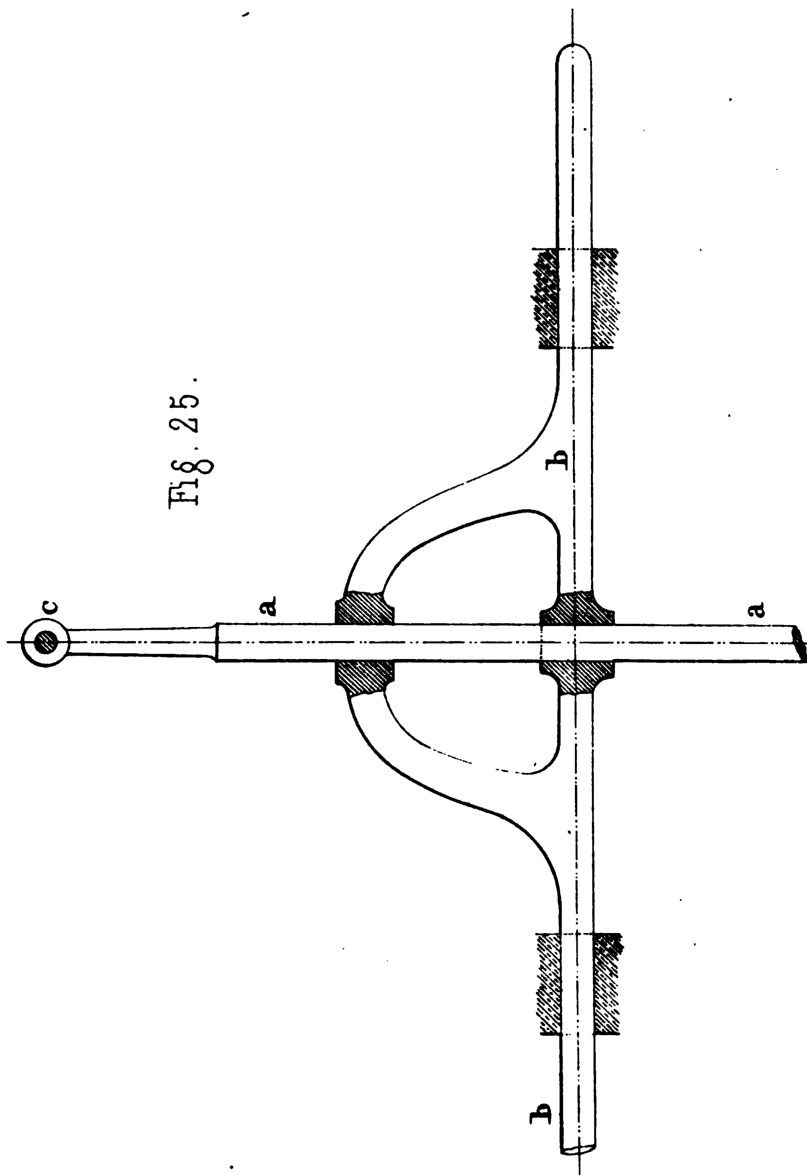
Si l'on a par exemple à produire un mouvement vertical en même temps qu'un mouvement horizontal, il suffira de brancher une barre verticale *a*, figure 25, sur une barre horizontale *b* en lui permettant de glisser dans une coulisse de forme quelconque et lui constituant un encastrement à glissement vertical facultatif. La barre *b* recevra la commande ou l'extrémité des rênes du mouvement horizontal, et la barre *a* recevra celle des rênes du mouvement vertical.

On comprend alors facilement que, sur la barre *a*, un point *c* par exemple pourra servir de mire ou de centre de direction à la fois verticale et horizontale.

En effet, si le point *c* se meut horizontalement, il pousse dans le même sens la barre *b* sur laquelle il est encastré avec faculté de glissement vertical seulement, et fait marcher ainsi le servo-moteur horizontal en l'asservissant complétement.

Si ce même point *c* est poussé verticalement, il tirera les rênes du servo-moteur vertical attachées à la barre *a*, et agira sur lui comme conducteur asservissant.

Si ensuite on pousse le point *c* suivant une trajectoire



Autog. Browe. R. de Dunkerque 43 à Paris

inclinée quelconque, en le mouvant à la fois verticalement et horizontalement, la barre *b* se transportera suivant les abscisses de cette trajectoire, et la barre *a* glissera dans *b* suivant les ordonnées de cette même trajectoire, de de telle sorte que le point *c*, manœuvré par le conducteur, est constitué en mire ou centre de direction générale pour les deux servo-moteurs réunis, et manœuvrable d'une seule main, par exemple, si cela est utile.

On conçoit que l'on pourrait encore conjuguer sur ce même point *c* et de la même façon les rênes d'un ou plusieurs autres servo-moteurs, par translation, soit perpendiculaire au plan des deux premières barres *a b*, soit dans toute autre direction.

§ 13. — *Ressorts de stop pour servo-moteurs.*

On a souvent besoin, dans les diverses applications du servo-moteur, de constituer des *ressorts de stop*, simples et très-précis dans leur action, *ne servant de rênes en aucune façon,* mais pouvant remplacer le conducteur au repos, *et ramenant exactement la commande des rênes au point d'arrêt, avec un effort égal dans les deux sens.* Nous avons cherché plusieurs solutions de ce problème qui ne laisse pas que d'être assez difficile à bien résoudre; voici quelle est celle qui nous paraît la meilleure et la plus simple, figures 26, 27:

Un ressort *a* de genre quelconque, à boudin ou tout autre, est enfermé dans un châssis *b*, lequel glisse sur deux oreilles ou points fixes *c d*, venus sur un support quelconque. Ce ressort *a* est tiré en sens inverse à ses deux extrémités par deux tiges à crochets *e f* traversant les oreilles *c d* et le châssis *b;* l'une de ces tiges *e*, filetée et munie d'un écrou mobile *s* à douille avec contre-écrou, permet de régler à volonté la tension du ressort dans le

châssis *b*, en tirant d'une part sur l'embase ou écrou fixe *m* de la seconde tige *f* et par elle sur le point fixe *d*, et, d'autre part, sur l'extrémité *n* du châssis *b* appuyée sur la seconde oreille *c*.

Les choses étant ainsi établies, si l'on vient à exercer un effort sur le châssis *b* d'une manière et dans un sens quelconques, au moyen de la bride *p* par exemple, soit en poussant, soit en tirant, le ressort se trouvera allongé par le déplacement de l'une de ses extrémités par rapport à l'un des points fixes.

On reconnaît facilement que si l'on tire la bride *p*, la tige *f*, détachant son embase *m* du point fixe *d*, glissera dans cette oreille en tirant sur le ressort, et que si, au contraire, on pousse cette même bride *p*, le châssis détachant de l'autre point fixe *c* son extrémité *n*, glissera tout entier sur les deux oreilles *c d* et sur la tige *f*, emmenant avec lui la tige *e* par laquelle il tirera encore sur le ressort en l'allongeant comme dans le mouvement inverse de la bride *p*.

Dans l'un et l'autre cas, dès que l'on lâchera la bride *p*, le ressort ramènera le tout à la position primitive, c'est-à-dire l'embase *m* sur l'oreille *d* et l'extrémité *n* du châssis sur l'autre oreille *c*.

On aura ainsi résolu complétement et de la façon la plus simple le problème posé, en constituant un *stop* précis, à tension égale dans les deux sens et par un ressort unique à tension variable et facultative.

Ce résultat est de la plus grande importance pour les applications diverses des servo-moteurs de tous genres et aussi pour tous les cas où le besoin d'une solution mécanique analogue se manifestera.

SERVO-MOTEUR FARCOT.

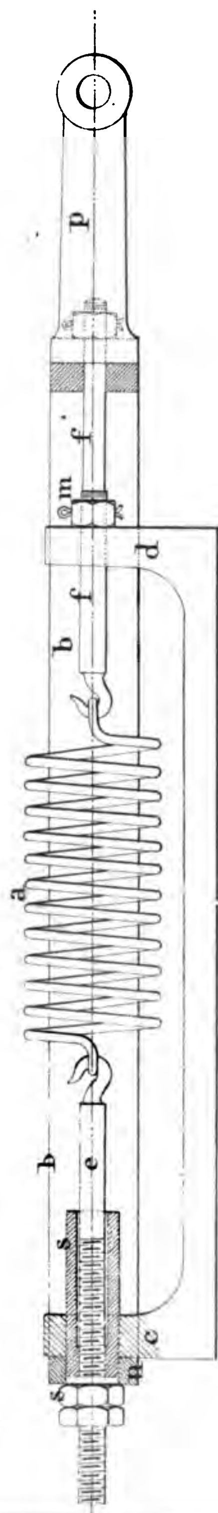


Fig. 26

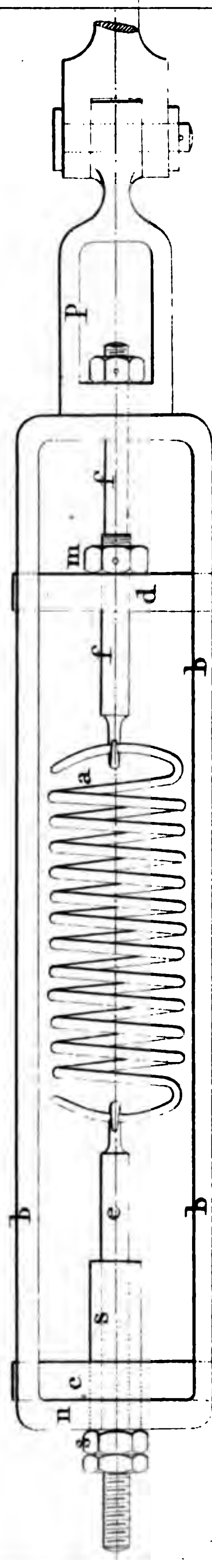


Fig. 27.

Autog Broise R. de Dunkerque 43a Paris.

§ 14. — *Stop variable de position, par translation, au moyen d'un double ressort de stop.*

On réalisera, dans certains cas, une application multiple et importante du ressort de *stop* décrit ci-dessus, en constituant, pour les servo-moteurs de gouvernail par exemple, un double *stop,* ou *stop à deux positions* qui, combiné avec le *tiroir à découvrement* que nous avons indiqué dans notre type primitif de servo-moteur § 2, figure 4, permettra de faire passer la vapeur d'un côté à l'autre du piston sans échappement lorsque l'on voudra laisser descendre le gouvernail sous le seul effort de la mer vers la position de barre droite.

Nous représentons cette solution figures 28 et 29.

r est le ressort de *stop* proprement dit.

On reconnaît facilement que tout son système est constitué suivant les principes et dispositions du paragraphe précédent; il se trouve de plus attaché par ses oreilles aux points fixes *c d* sur un châssis supplémentaire ou boîte de translation *q*, lequel contenant un ressort *x*, simple ou double, agencé suivant les mêmes principes, peut se déplacer sur le bâti général entre deux butées *u v*, selon le sens du mouvement ou de l'effort imprimé au levier *t*.

Le levier *t,* qui a son axe de rotation *l* situé sur la boîte de translation *q*, est entraîné en son extrémité *t'* par un bouton *o* fixé sur le grand balancier *z* du servo-moteur, lequel oscille sur son axe ou arbre vertical de rotation *k*.

Ce levier *t* est bien distinct du petit balancier *y* des rênes, par lequel le moteur est asservi.

On conçoit facilement que le ressort *x* ne s'allonge ou ne se tend, sous l'action de ce levier *t*, qu'après que le châs-

sis *q* ou boîte de translation est venu buter contre un des talons *u v*, et alors le levier *t* peut décrire un mouvement angulaire variable, même de grande amplitude, sans gêner celui du balancier *z*, le ressort *x* étant allongé d'une quantité relativement faible, et maintenant, pendant toute cette course, le ressort *r* de *stop*, avec son châssis *b*, à l'une des positions prévues et normales de *stop*, selon que la boîte *q* bute sur le talon *u* ou sur le talon *v*.

On variera les applications de ce genre suivant les circonstances et les besoins.

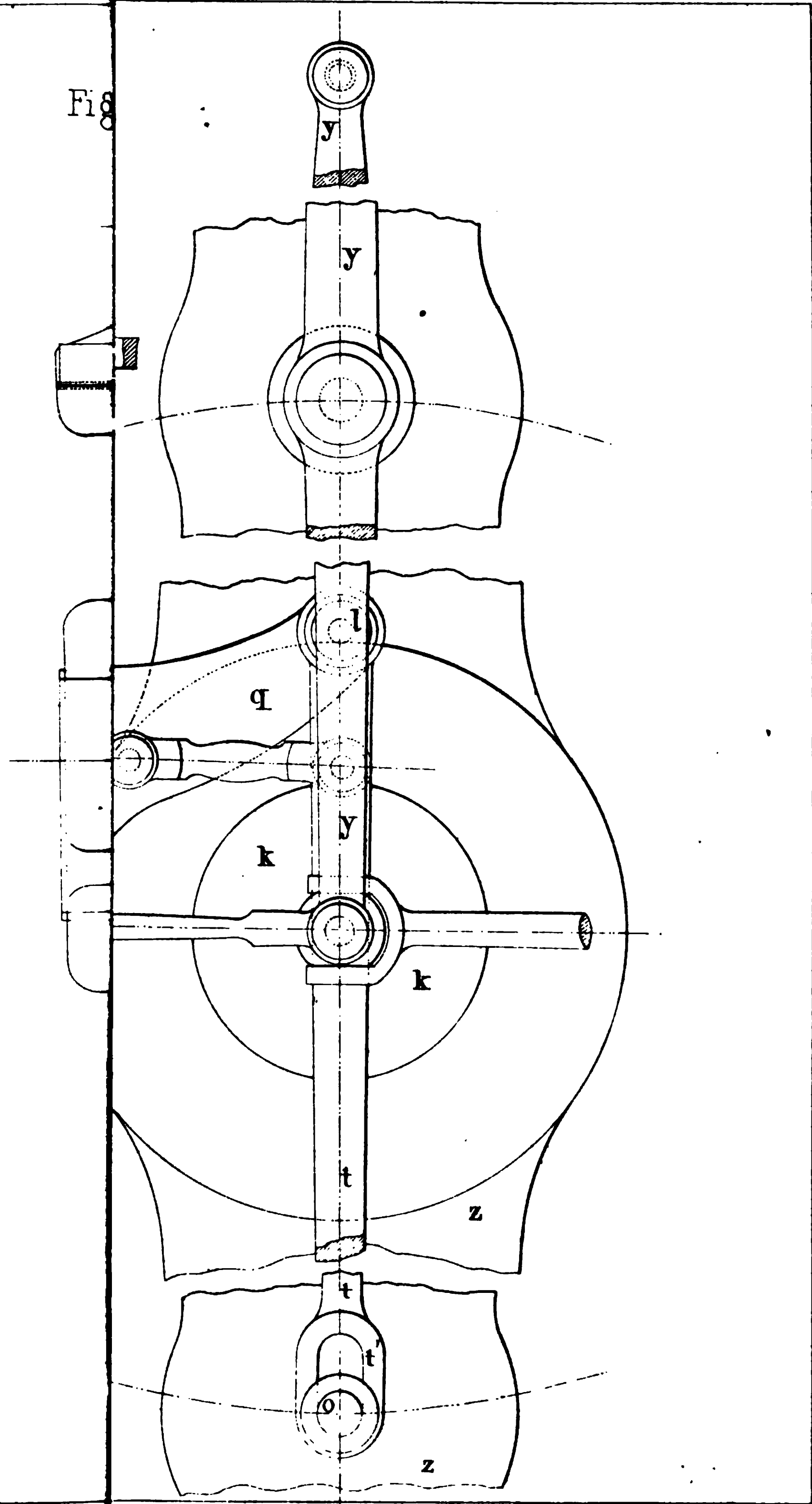
Nous reviendrons sur cet important accessoire de la commande des rênes du servo-moteur, *ressort de stop*, en exposant les dispositions et le mode de fonctionnement des appareils de gouvernails.

§ 15. — *Applications du servo-moteur.*

Maintenant que nous avons exposé tous les principes constitutifs et les principales variantes du servo-moteur, nous aurions à décrire les diverses applications que nous en avons faites aux régulateurs de grandes machines, à la manœuvre instantanée de leur distribution, à celle des tours cuirassées, des gouvernails, etc.; nous nous bornerons à exposer comme démonstration pratique ou comme spécimen, une des plus importantes applications de cet appareil, celle que nous en avons faite à la manœuvre des gouvernails de grands vaisseaux de guerre.

On y retrouvera l'emploi des principales variantes et des ressources toutes nouvelles que fournit, pour la solution des plus difficiles problèmes, l'engin nouveau et fécond que nous avons découvert, et dont la réalisation pratique nous a coûté bien des études, des peines et des

Fig



Autog Broise. R. de Dunkerque. 43 à Paris.

dépenses pour arriver au succès complet constaté aujourd'hui.

CHAPITRE IV.

GOUVERNAIL A VAPEUR FARCOT. — APPAREIL DU BÉLIER.

Description théorique et pratique du Servo-Moteur appliqué à la manœuvre des gouvernails.

---

§ 16. — *Avantages réalisés.*

Le servo-moteur, comme nous l'avons vu, donne la solution générale pour tous les cas où l'on aura besoin à la fois de *puissance,* de *précision* et de *rapidité d'action.*

On conçoit donc aisément qu'une des premières applications qui s'est présentée à notre esprit a dû être la manœuvre des grands gouvernails. En effet, depuis que les navires sont devenus plus grands, plus lourds, les cuirassés surtout, on a cherché, en Angleterre et ailleurs, divers moyens et appareils pour augmenter la puissance des gouvernails et faciliter leur manœuvre.

De plus *l'emploi de l'éperon* dans les luttes navales modernes constitue *une arme nouvelle* et bien puissante, mais qui, dans l'état actuel des choses, ne peut guère être utilisée; car, pour s'en servir efficacement, il faudrait *pouvoir gouverner le navire* qui la porte avec une *promptitude,* une *précision* et une *facilité d'évolutions, au moins aussi grandes que celles des galères antiques*, pour qui l'éperon était l'arme principale et qui, étant courtes et légères relati-

vement aux vaisseaux actuels, pouvaient obéir à la main du timonier d'une façon tout autre que les bâtiments d'aujourd'hui.

Le servo-moteur donne sous ce rapport toute satisfaction; il conduit le gouvernail sous la main du pilote avec une rapidité telle que *l'amplitude totale de sa course angulaire sera parcourue en un temps aussi court qu'on voudra, deux ou trois secondes par exemple*, *si on le veut*, tandis que les *appareils les plus récents à vapeur ou à eau et bien plus compliqués, essayés en Angleterre*, *exigent*, *à égalité de parcours angulaire*, *un délai au moins dix fois plus grand*, *et que les engins actuels,* fonctionnant à force de bras, ne peuvent effectuer ce travail *qu'en plusieurs minutes*.

Nous avons appliqué jusqu'à présent (1872) nos servo-moteurs aux gouvernails ainsi qu'aux tours cuirassées de quatre garde-côtes de la marine française, *Cerbère, Bélier, Boule-dogue* et *Tigre*. *Les appareils expérimentés* ont manifesté l'exactitude de nos calculs et réalisé toutes nos prévisions.

La *barre est transportée presque instantanément d'un bout à l'autre de sa course.*

Le timonier la manœuvre de l'un quelconque des postes de commande désignés, voyant se reproduire constamment devant lui sur un cadran tous les mouvements que subit le gouvernail.

Toutes les *dispositions actuelles sont conservées* afin de permettre de *manœuvrer à volonté par l'ancien appareil à drosses ou cordes*, *en cas d'accident*, *ou par servo-moteur*.

La commande du gouvernail est constituée de façon à lui *permettre de céder sous les coups de mer* exactement *de la quantité qu'on veut* pour éviter les ruptures.

Il nous semble évident que, dans ces conditions nouvelles, la manœuvre et les *évolutions* d'un navire seront *singulièrement facilitées,* tant pour virer que pour l'attaque

à l'éperon et *pour tous les incidents de la marche ou du combat.*

On pourra augmenter autant qu'on voudra, dans ce but, la puissance et l'étendue de surface du gouvernail ainsi que la rapidité de translation de la barre.

Le commandant pourra sans fatigue conduire lui-même la barre quand il le jugera utile en circonstances graves.

L'attaque à l'éperon pourra être aussi rapide, soudaine et précise que l'on peut le désirer, *le gouvernail manœuvrant* aussi *facilement et promptement que celui d'un canot.*

§ 17. — *Étude du gouvernail du* Bélier. — *Division et décomposition élémentaire de l'ensemble de l'appareil.*

La manœuvre précise, puissante et sûre d'un gouvernail, par mauvais temps surtout, étant un problème très-complexe et très-délicat à résoudre, nous avons dû, pour éviter toute chance quelconque d'accident, ajouter, dans cette application spéciale, divers accessoires à nos servo-moteurs ordinaires, ce qui, à première vue, peut donner à l'ensemble une apparence de complication.

Mais, quand on a étudié l'appareil dans toutes ses parties, on voit bien que la complication n'est qu'apparente, et qu'on ne peut pas le faire plus simple si l'on veut résoudre le problème à fond, c'est-à-dire donner au marin *toutes les garanties possibles d'une bonne navigation,* faire qu'il reconnaisse tellement lui-même tous les avantages de la machine nouvelle et y prenne une telle confiance qu'il la préfère de beaucoup à la commande ordinaire par drosses, au double point de vue de la rapidité d'évolutions et de la sûreté pour son gouvernail.

Notre but, dans l'étude que nous allons faire, est de donner une description exacte et complète, théorique et

pratique, de toutes les parties de l'appareil, afin qu'on puisse bien en apprécier tous les avantages, et surtout de mettre tout le monde à même de bien connaître à fond le fonctionnement et la raison d'être de chacune de ces parties, afin que qui que ce soit puisse conduire notre machine à gouverner aussi facilement que tout engin connu quelconque.

Nous entrerons à ce point de vue dans des détails de description et de démonstration qui pourront paraître trop élémentaires et donner lieu à des redites; mais notre excuse, sous ce rapport, sera notre désir de ne rien laisser sans explication et de nous faire bien comprendre de ceux qui doivent manœuvrer et conduire nos appareils.

Nous donnerons dans ce but, à la fin de cet ouvrage, un résumé des moyens pratiques à employer pour vérifier et régler le bon état de tout l'ensemble.

L'appareil que nous allons étudier et décrire est celui que nous avons appliqué aux gardes-côtes *Bélier, Bouledogue, Tigre;* c'est le type qu'il conviendrait d'adopter, à peu près sans changements, pour la commande des plus grands gouvernails de la marine actuelle.

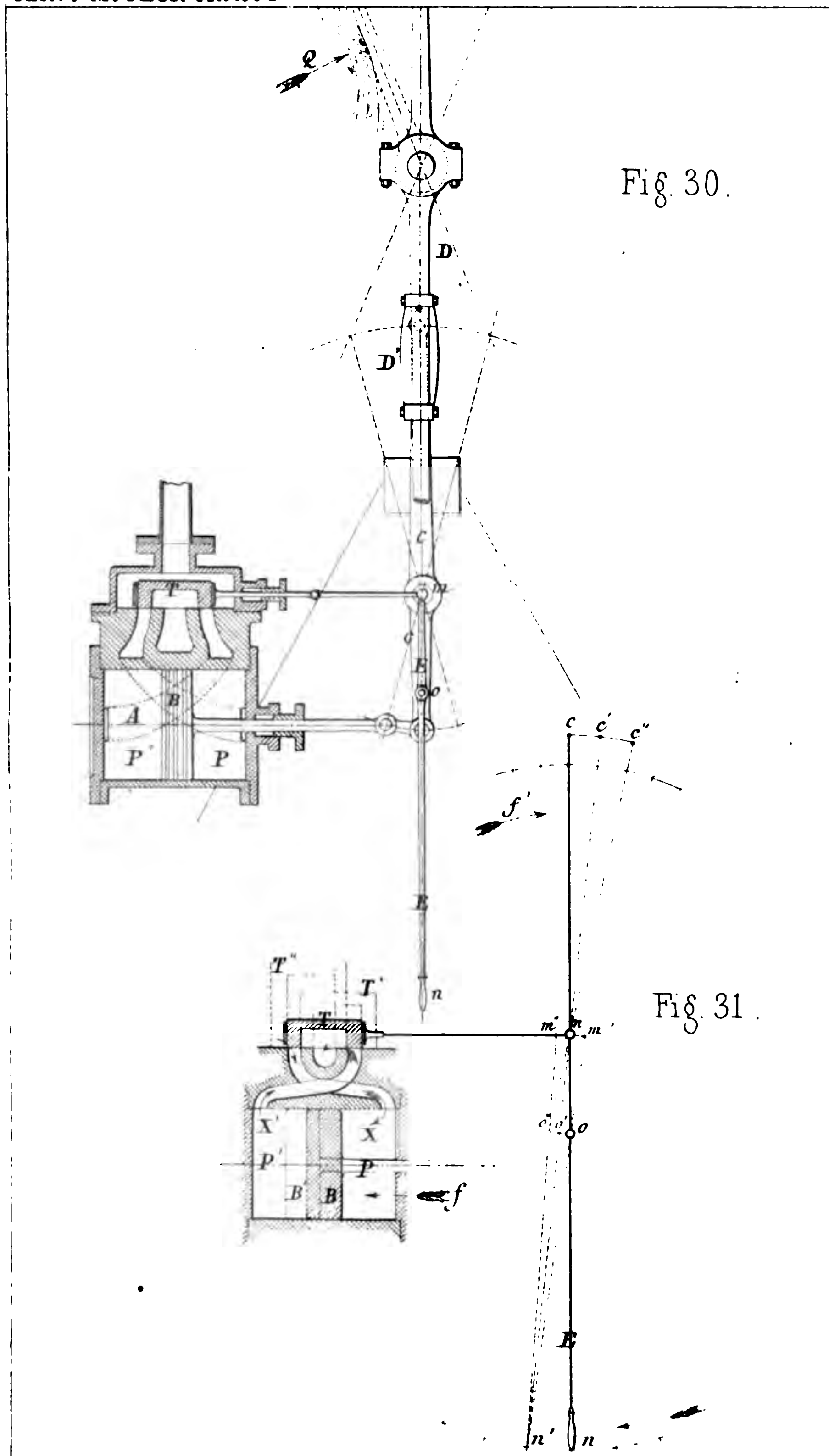
Cet appareil se divise en trois parties bien distinctes :

1° Servo-moteur double, à vapeur, manœuvrant la barre du gouvernail;

2° Cylindre hydraulique régulateur de flexion du gouvernail sous les coups de mer;

3° Transmission funiculaire transportant la commande de l'appareil en un point quelconque du bâtiment.

Nous allons analyser et décrire séparément chacune de ces parties, la première dans la suite du présent chapitre et les deux autres en deux chapitres différents : puis, dans un chapitre suivant, nous chercherons à faire comprendre plus complétement l'utilité et le fonctionnement relatif de tout l'ensemble.



Autog. Broise R. de Dunkerque 43

§ 18. — *Gouvernail à vapeur du Bélier.* — 1re partie.

Servo-moteur double, manœuvrant la barre.

Cette première partie, le servo-moteur, constitue réellement l'appareil et on pourrait parfaitement manœuvrer par son moyen un gouvernail quelconque sans le secours d'aucun autre accessoire, si l'on se contentait de la manœuvre proprement dite, sans prévoir tous les inconvénients qui peuvent résulter d'un gros temps.

Aussi allons-nous commencer par présenter cet appareil tel qu'il pourrait exister dans toute sa simplicité, et nous arriverons ensuite à montrer graduellement comment nous avons été conduits, dans l'étude de construction, à le compléter successivement par l'addition de tous ses accessoires et à le faire tel qu'il est sur le Bélier.

§ 19. — *Description d'un servo-moteur simple appliqué à un gouvernail.*

Cet appareil se compose (fig. 30 et 31) d'un cylindre à vapeur A dans lequel se meut un piston B, directement relié par une bielle à la barre *c*, qui elle-même manœuvre, au moyen d'un maneton glissant dans une coulisse D', la barre D du gouvernail. Admettons que la distribution de la vapeur soit effectuée dans le cylindre au moyen d'un tiroir à coquille ordinaire T recevant le mouvement d'un balancier E (*rênes du moteur*) qui a son centre d'oscillation *o* sur la barre *c*, et son point de liaison avec le tiroir en *m*, en face du centre d'oscillation de la barre *c*.

Supposons le timonier placé au point *n*, manœuvrant le balancier E, et voulant faire marcher la barre *c*

dans la direction de la flèche *f'*, par exemple fig. 31 ; il transportera le point *n* en *n'*, en faisant tourner le balancier des rênes autour du point *o* qui est fixe; le point *m* viendra en *m'*, le tiroir se transportera donc de la position T en T', et la vapeur passant par les galeries convenablement dirigées arrivera sur le côté X du piston B, qui, poussé par elle, marchera dans la direction de la flèche *f*. En avançant, le piston entraînera la barre *c* dans la direction des flèches *f f'*, et le point *o*, appartenant à cette barre, se déplacera avec elle. Si le timonier s'est arrêté en *n'*, le point *n'* dans sa main devient fixe à son tour, et le balancier E, tournant autour de ce point fixe *n'*, entraîné par le point *o*, ramène le point *m'* en *m*, position correspondante à celle du tiroir au milieu de sa course, c'est-à-dire à l'admission de vapeur cessante.

Le piston B tendant à continuer son mouvement, en vertu de la pression X qui agit sur lui et aussi de l'impulsion reçue, le point *o'* se trouve transporté dans la direction *o''*, celui *m* dans la direction de *m''* et le tiroir dans la direction de T'' ; c'est-à-dire que le piston B aura alors le côté X ouvert à l'échappement, et celui X' à l'admission, afin de ramener le point *c''* en *c'* qui est la position correspondante à celle *n'*, indiquée par le timonier.

On voit donc que, avec cet appareil, le timonier peut amener la barre dans toutes les positions qu'il voudra, et qu'il lui suffira de déplacer le petit balancier E, pour que la barre ou le gouvernail se déplace exactement de quantité proportionnelle.

Pour les mêmes raisons que nous venons d'exposer, le gouvernail se tiendra en équilibre, au point indiqué par le timonier (en supposant qu'on navigue en eau calme), et le servo-moteur déterminera de lui-même la pression qu'il faut constituer sur son piston pour faire équilibre à la pression de l'eau sur le gouvernail, pres-

sion variable, pour chaque inclinaison de barre, et pour chaque vitesse du bâtiment.

En effet, supposons que le gouvernail amené en une position correspondaute à celle c' de la barre c (fig. 30 et 31) supporte une pression Q agissant à son centre de figure pour redresser sa barre; si cette barre se redressait, ce serait évidemment par l'insuffisance de la pression P sur le piston B; mais alors, au premier petit mouvement angulaire qu'elle ferait pour se redresser, elle entraînerait avec elle le point o' et par conséquent le point m, et s'enverrait précisément de la vapeur sur le piston B, du côté X, ce qui la remettrait en sa position.

Si, au contraire, la pression P était trop forte, le piston se mettant en mouvement en sens inverse du précédent, ouvrirait le côté X à l'échappement, et l'équilibre se rétablissant, la barre serait encore forcée de rester au point assigné par le timonier.

On voit donc que, sans que le timonier s'en doute, malgré les condensations qui peuvent se produire dans le cylindre, le servo-moteur sait s'arranger de lui-même en décrivant de temps à autre des petits mouvements angulaires de chaque côté du point où on l'a amené, pour que :

$$\omega (P - P') = Q.$$

C'est-à-dire pour que l'équilibre existe : ω étant la surface du piston, Q, la résistance du gouvernail supposée transportée sur l'axe du piston.

Ou a donc bien là l'appareil puissant et obéissant, capable de manœuvrer un gouvernail, et qui serait suffisant si l'on ne tenait compte des considérations suivantes.

§ 20. — *Servo-moteur double appliqué à un gouvernail.*

Il arrivera presque toujours que les gouvernails auxquels on appliquera ces appareils seront des gouvernails de grands navires et très-difficiles à manœuvrer avec les drosses. On aura par suite besoin de cylindres moteurs puissants, dont les tiroirs seront trop résistants pour qu'on puisse les mouvoir à la main ; aussi ajoutons-nous, pour commander dans ce cas le tiroir, un petit servo-moteur auxiliaire qui fonctionne d'après les mêmes principes que le précédent, de telle sorte que, le timonier n'ayant plus à manœuvrer que le tiroir du petit moteur auxiliaire, au lieu de celui du grand moteur, l'appareil devient d'un service très-doux, et les transmissions dont on a toujours besoin à bord pour transporter la commande sur le pont et ailleurs, sont aussi légères que possible.

Représentons, comme précédemment, A cylindre du gros moteur, fig. 32 et 33, B son piston relié au balancier *c*, commandant la barre du gouvernail, et E le balancier des rênes du moteur A, ayant son point fixe sur la barre C en *o*. Soit en *a* le moteur auxiliaire, *b* son piston, attaché directement au tiroir T du gros moteur, *t* son tiroir de distribution mis en mouvement par un levier d'équerre *yy'* ; soit *e* l'équerre asservissante des rênes du moteur auxiliaire *a*, ayant son point fixe en *s* pris sur un appendice de la tige du piston du moteur *a* ; *cy d* sont des bielles et leviers de transmission, reliant le balancier E à l'équerre *e*.

Si le timonier toujours placé en *n*, figure 33, veut faire marcher la barre dans la direction de la flèche *f*, il transportera le point *n* dans cette direction en *n'*, par exemple, et alors :

SERVO-MOTEUR FARCOT.

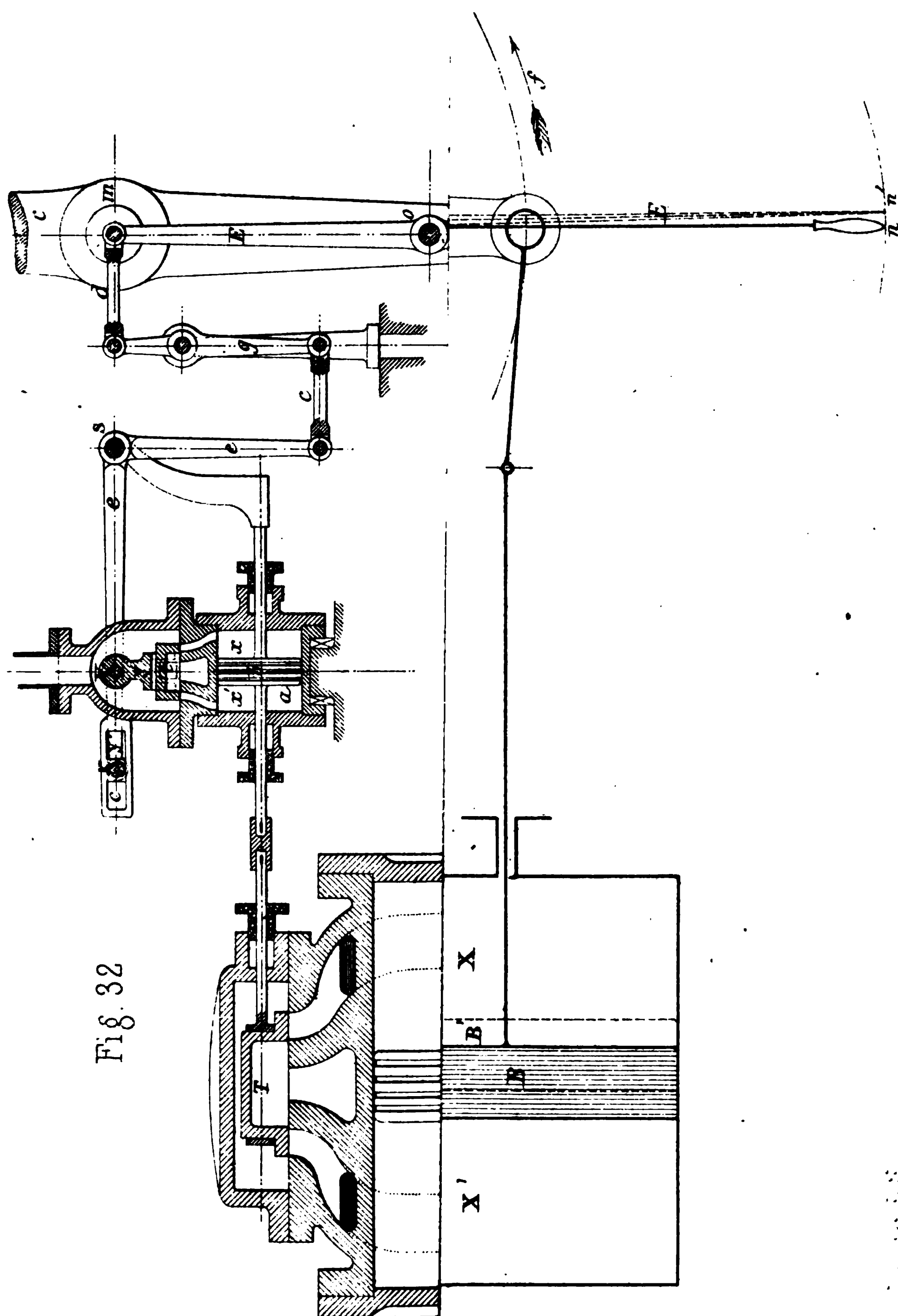


Fig. 32

Autog. Broise. R. de Dunkerque 43 à Paris.

Le balancier E tournant autour du point *o*, le point *m* vient en *m'*, le point *h* vient en *h'*, tournant autour du point *s*, le point *k* en *k'*, tournant aussi autour du point *s*, et le tiroir *t* passe en *t'*; par suite la vapeur arrivant sur le côté *x'* du piston *b*, le pousse en *b'*.

Le point *s* alors entraîné par le piston *b* et se mouvant autour du point *h'* (qui est devenu point fixe, puisque le timonier tient en main le point *n'*) passe en *s'* et celui *k'* revient en *k*, c'est-à-dire que le petit tiroir *t* est revenu au milieu de sa course, le petit piston restant en *b'*,

Le petit piston passant de *b* en *b'* a emmené avec lui le grand tiroir T en T', et alors la vapeur arrivant sur le côté X' du grand piston B, le pousse dans la direction *f* en entraînant la barre avec lui; il arrive ainsi en B'.

Mais la barre *c*, marchant, transporte avec elle le point *o*, et, le point *n'* étant devenu point fixe dans la main du timonier, le balancier E pivote autour de *n'* entraîné par *o* qui vient en *o'*, ce qui replace le point *m'* en *m*; et, par conséquent, le point *h'* repasse en *h*, tournant autour de *s'* et le tiroir *t* vient en *t'*.

La vapeur arrivant sur le côté *x* du piston *b'*, le ramène en *b* en entraînant *s'* autour de *h* jusqu'en *s*, et le tiroir T' jusqu'en T; alors la barre est avancée d'une quantité correspondante à *nn'* à la demande du timonier, et les deux cylindres avec leurs tiroirs sont revenus à l'état d'équilibre.

On comprend que si le piston B' tendait à aller plus loin que le point assigné par le timonnier il s'enverrait la vapeur en sens inverse, ce qui le ferait revenir à sa position indiquée.

L'asservissement des deux moteurs, et du grand en définitive, a donc bien lieu comme dans le cas du servo-moteur simple, c'est-à-dire que le timonier, avançant, reculant ou arrêtant le balancier E, manœuvre ainsi

le petit tiroir *t* et fait avancer, reculer, ou arrêter la barre, comme s'il la conduisait lui-même directement à la main.

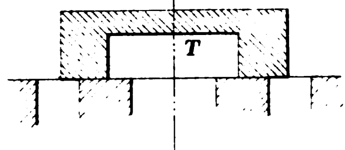
De cette façon le timonier n'a environ que 3 ou 4 kilogrammes, par exemple, de résistance à vaincre dans sa main, pour conduire où il veut, aussi vite qu'il le veut, un gouvernail pouvant offrir une résistance de 10,000 à 12,000 kilogrammes.

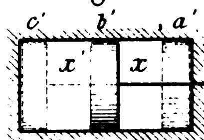
On reconnaît facilement dans le système des rênes du servo-moteur auxiliaire *a* la variante décrite au § 9 (fig. 23), appliquée en principe et complétée.

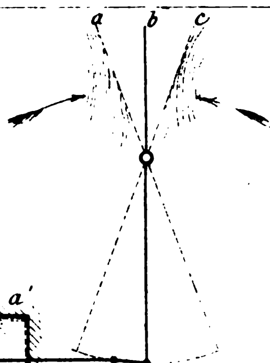
§ 21. — *Tiroirs à découvrement.*

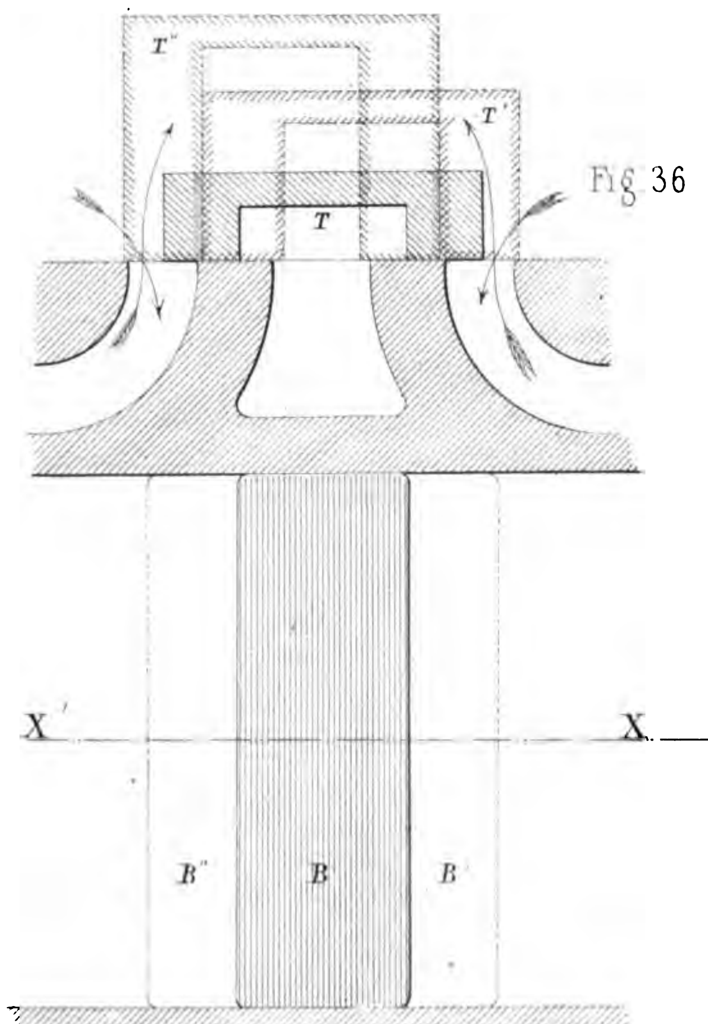
Dans ce genre d'appareils, la perfection idéale à atteindre pourrait paraître exiger l'emploi de tiroirs réglés arête pour arête avec les orifices du cylindre, afin d'obtenir une régularité infiniment grande dans la manœuvre; car, pour un mouvement infiniment petit subi par la barre au-delà de ce qui lui est commandé, le tiroir ouvrirait tout de suite, soit à l'admission, soit à l'échappement, les passages du cylindre, afin de rétablir, par ce petit mouvement même, l'équilibre qui avait été rompu. Mais, en pratique, cela n'est pas possible, il faut donner au tiroir 1 à 2 millimètres de recouvrement en dedans et en dehors sur les orifices, afin d'avoir une certaine marge pour régler l'appareil.

Nous remarquerons qu'il n'est pas nécessaire que les deux orifices soient ainsi couverts en même temps par le tiroir et qu'on peut tout aussi bien, par exemple, avoir un tiroir dans le genre de celui T (figure 34), découvrant les deux orifices au milieu de sa course, par moitié ou autrement.









Autog. Brose. R. de Dunkerque. 43 à Paris.

En effet, en partant de barre droite, position *b* (fig. 35) où la résistance sur le gouvernail est zéro et allant vers *a*, où elle atteint son maximum d'un bord, la pression doit se constituer du côté x' du piston ; de même, en allant vers *c*, la pression doit se constituer du côté x de ce piston.

Les positions $a' b' c'$ du piston correspondent à celles *a b c* du safran.

Il y a donc évidemment un moment, correspondant au milieu de la course de ce piston, où il n'existe plus de résistance à vaincre pour tenir la barre, et, à partir de ce moment, lorsqu'on veut pousser la barre d'un bord ou de l'autre, il faut constituer la pression d'un côté ou de l'autre du piston.

Ceci étant, on voit que le tiroir T suffira très-bien pour la manœuvre si l'on peut lui donner, figure 36, la position T′ comme stop, ou point d'équilibre, pour toutes les positions d'équilibre de la barre correspondant à celle du piston du côté X, et ensuite comme autre stop la position T″ pour toutes celles de la barre correspondant aux positions du piston du côté X′.

En effet on aura alors le côté du piston sur lequel doit agir la pression P pour mouvoir la barre en communication constante avec la chaudière, l'orifice d'admission restant ouvert en grand, tandis que, l'autre orifice étant fermé, le système de rênes constituera du côté correspondant du cylindre, par tâtonnement en ouvrant, tantôt à l'échappement, tantôt à l'admission, une pression P′ telle que, la pression de la chaudière étant P, on ait constamment :

$$\omega\ (P - P') = Q;$$

ce qui est bien l'équation de l'équilibre du gouvernail.

Q étant la résistance de la barre transportée sur le piston, ω la surface du piston B.

Nous démontrerons tout à l'heure que l'emploi d'un tiroir réglé de la façon que nous venons de décrire produira une grande économie de vapeur; mais, pour se servir d'un *tiroir à découvrement* comme celui représenté fig. 34 et 36, il faudra résoudre un problème nouveau consistant à bien établir rigoureusement les deux stops nécessaires du tiroir, c'est-à-dire à faire que, automatiquement, sitôt qu'on veut faire marcher le piston B et sa barre, sur tribord par exemple, le tiroir vienne prendre son stop correspondant en T″, et réciproquement, quand on voudra faire marcher la barre sur bâbord, il vienne prendre son stop en T′, c'est-à-dire qu'il vienne se remettre toujours à l'un de ces deux stops bien déterminé, pour une position quelconque de la barre soit sur tribord ou sur bâbord.

C'est au passage de barre droite que ce déplacement de stop du tiroir doit spontanément s'effectuer, car à ce moment la résistance de la barre est nulle.

Nous allons expliquer les raisons qui nous ont fait adopter le tiroir à découvrement, malgré cette difficulté qu'il fallait résoudre.

On se rappelle que nous avons déjà dit quelques mots de ce genre de tiroir aux § 2 et 14.

§ 22. — *L'emploi d'un tiroir à découvrement pour le grand cylindre réalise une économie de* 50 *pour* 100 *sur la vapeur dépensée.*

Dans la manœuvre d'un gouvernail, il n'y a travail à produire que pour donner à la barre un angle quel-

conque, et, quand il faut la remettre droite, la pression de l'eau qui agit sur le gouvernail suffit pour ramener tout dans l'axe du navire. Il est donc de première utilité de profiter de cette puissance de l'eau et de ne pas dépenser de vapeur pour redresser la barre.

Avec le tiroir arête pour arête, que nous avons décrit précédemment, la barre étant en une position quelconque, pour la ramener, on est conduit, en manœuvrant le tiroir, à ouvrir l'un des côtés du cylindre à l'échappement, ce qui perd un volume au moins égal à celui qu'engendre le cheminement du piston et bien inutilement, car, ainsi que nous l'avons dit, la pression de l'eau est suffisante pour ramener barre droite.

Or, comme chaque fois qu'on a donné un angle à la barre, il faut, dès que le bâtiment a pris sa route, la ramener, il s'ensuit qu'on dépenserait autant de vapeur pour redresser la barre que pour lui donner de l'inclinaison, c'est-à-dire deux fois la vapeur qu'on devrait réellement dépenser. C'eût été là un grand défaut, que nous avons dû chercher à éviter complétement : nous y avons réussi.

Le *tiroir à découvrement* supprime tout à fait ce grave inconvénient.

En effet, la barre ayant été amenée à une position quelconque, *a* (fig. 35), le tiroir se trouve en T′ (fig. 36); le côté X′ du cylindre communiquant avec la chaudière, est à la pression P, celui X est à une pression telle que :

$$\omega\,(P - P') = Q$$

Examinons ce qui va se passer, avec un tiroir à découvrement, pour ramener la barre et la remettre droite en *b*.

On va faire marcher le tiroir de T′ en T; les deux côtés du piston X et X′ seront mis tous deux en commu-

nication avec la chaudière, et la vapeur se trouvant du côté X', au lieu de s'échapper dans l'atmosphère pour laisser revenir le piston, s'écoulera librement du côté X en repassant par la boîte de distribution et ne sera pas dépensée, le piston pris entre des gaz à pressions égales reculant immédiatement et n'opposant plus aucune résistance à la pression de l'eau, qui seule agira pour redresser la barre.

On voit donc que, avec le tiroir à découvrement que nous avons adopté pour nos servo-moteurs de gouvernail, on utilise la pression de l'eau pour redresser la barre, et qu'ainsi la dépense de vapeur est réduite à son minimum.

S'il arrivait que la pression de l'eau ne fût pas assez forte pour redresser complétement ou assez rapidement la barre, soit qu'il y eût un trop petit angle de barre, ou une trop faible vitesse du bâtiment, le timonier la ramènerait automatiquement sans s'en apercevoir parce que le tiroir venant de T' (fig. 36), au lieu de s'arrêter en T, passerait sous l'action des rênes en T'', et ferait agir la vapeur utilement du côté X, en ouvrant celui X' à l'échappement.

Maintenant que l'on reconnaît toute l'utilité de l'emploi du tiroir à découvrement, nous allons décrire la disposition par laquelle nous avons pu lui déterminer automatiquement et d'une façon absolue ses deux stops. C'est au moyen de l'appareil que nous nommons *chariot de déplacement des stops* et dont nous avons déjà exposé antérieurement les principes de construction d'une façon générale au chapitre III, § 14, en traitant des dispositions et principes généraux.

Pour faire comprendre facilement et complétement les dispositions et fonctions de ce chariot, nous allons d'abord décrire en détail le système constitutif et le fonctionne-

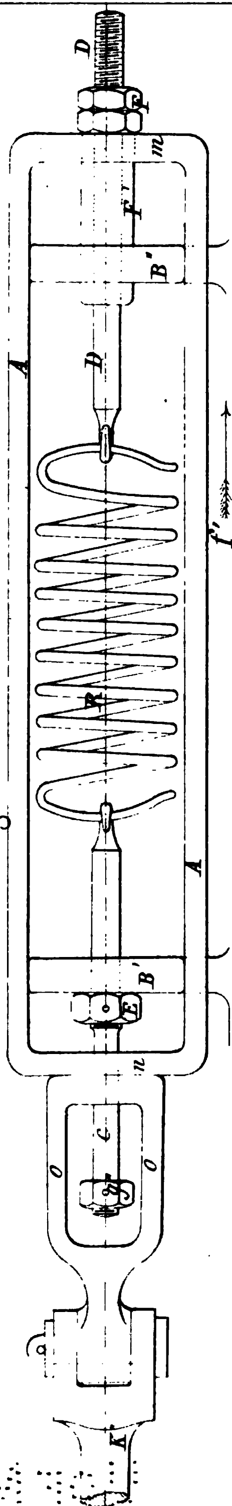


Fig. 39

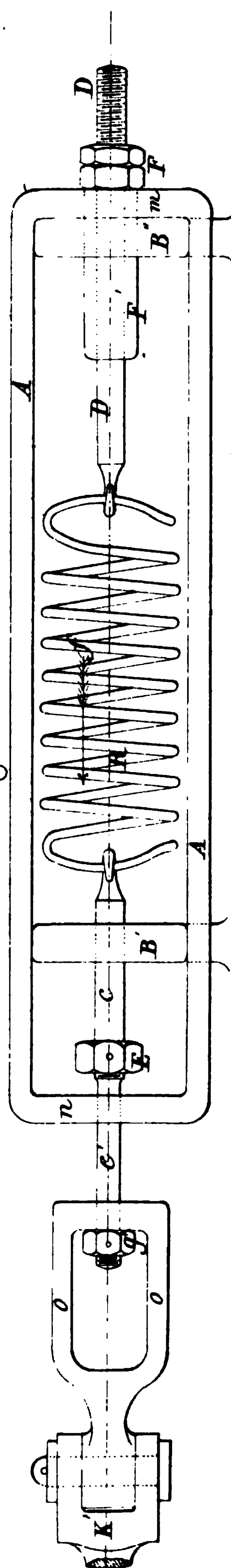


Fig. 38

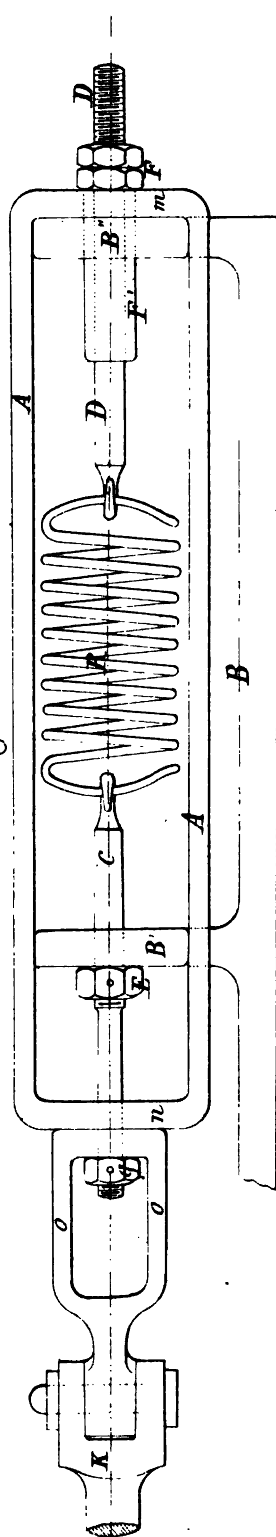


Fig. 37

Autog Broise, R de Dunkerque, 43 à Paris

ment de chacune des deux parties principales dont il est formé, système auquel nous avons donné le nom de *boîte à ressort de stop* et dont nous avons aussi exposé précédemment les principes généraux au chapitre III, § 13.

§ 23. — *Boîtes à ressort de stop.*

Cet appareil se compose (fig. 37) d'un châssis en fer A emboîtant deux buttées B' et B″ fondues dans la pièce B qui est fixe par rapport à ce châssis; ces deux buttées B' et B″ lui servent en même de temps de guides ou directrices. Un ressort à boudin R, agissant en traction et ayant une tension initiale déterminée, se trouve placé entre ces deux buttées, sur lesquelles il tire avec une force dont l'intensité est égale à sa tension initiale au moyen de deux tringles, C et D, munies de crochets à celles de leurs extrémités qui attachent le ressort; ces tiges C D portent deux écrous s'appliquant l'un E sur la buttée B' et l'autre F, à douille F', sur un des bouts *m* du châssis A qu'il maintient serré contre la buttée B″.

La distance B' B″ est égale à la longueur du ressort plus deux fois sa course.

La longueur minima du châssis A est égale à la distance extérieure des buttées B' B″ plus la hauteur de l'écrou E et plus la course du ressort.

A l'autre bout *n* du châssis principal A se trouve placée une petite chappe ou bride *o*, portant sans jeu sur la face *n*, et fixée en cet endroit par un écrou *g* vissé sur la tringle C. A l'extrémité arrondie de cette bride ou chappe *o* vient se fixer une bielle *k* reliant la boîte à ressort à l'organe quelconque qu'elle doit conduire.

Les deux écrous E et *g*, l'appareil étant une fois réglé, sont goupillés afin de ne plus pouvoir se desserrer;

celui F est libre, on s'en sert pour régler la tension initiale du ressort.

La description des boîtes à ressort de stop étant terminée, leur utilité se comprend facilement et se résume en ceci : faire en sorte qu'un organe ou une série d'organes quelconques de machine attachée à la bielle *k* revienne toujours exactement à la même position relative par rapport à une pièce fixe B, sitôt qu'on abandonne le système à lui-même après l'avoir éloigné ou rapproché, soit dans un sens, soit dans l'autre, de la pièce fixe B.

Pour vérifier si ce résultat est bien obtenu, supposons qu'un opérateur vienne à tirer la bielle *k* dans la position *k'* par exemple, comme l'indique le tracé (fig. 38); qu'a-t-il fait? Il a tiré à lui la pièce *o* qui a emmené la tringle C au moyen de l'écrou *g*, il a donc tendu le ressort dans la direction de la flèche *f*, en prenant point d'appui sur la buttée fixe B''.

Quand ensuite il abandonne à elle-même la bielle *k'*, et avec elle toute la série des organes auxquels elle est reliée, la tension initiale du ressort, que l'on aura dû régler pour être plus grande que la résistance de tous ces organes, ramènera le tout dans la direction de la flèche *f'* jusqu'à ce que l'écrou E vienne s'arrêter sur la buttée B'; ce qui donne à la bielle *k* exactement la même position par rapport à B qu'elle avait avant tout déplacement.

Si, au contraire, l'opérateur poussait la bielle *k* en *k''* (fig. 39), dans le sens de la flèche *f'*, la bride *o* pousserait le châssis A puisqu'elle butte sur lui en son extrémité *n*, et le châssis, entraînant la tringle D, tendrait le ressort dans la direction *f'*, en prenant son point d'appui sur la buttée B'; puis, si l'on abandonne alors de nouveau *k* à elle-même, le ressort ramènera le tout, dans la direction *f*, jusqu'à ce que le bout *m* vienne buter sur B'', ce

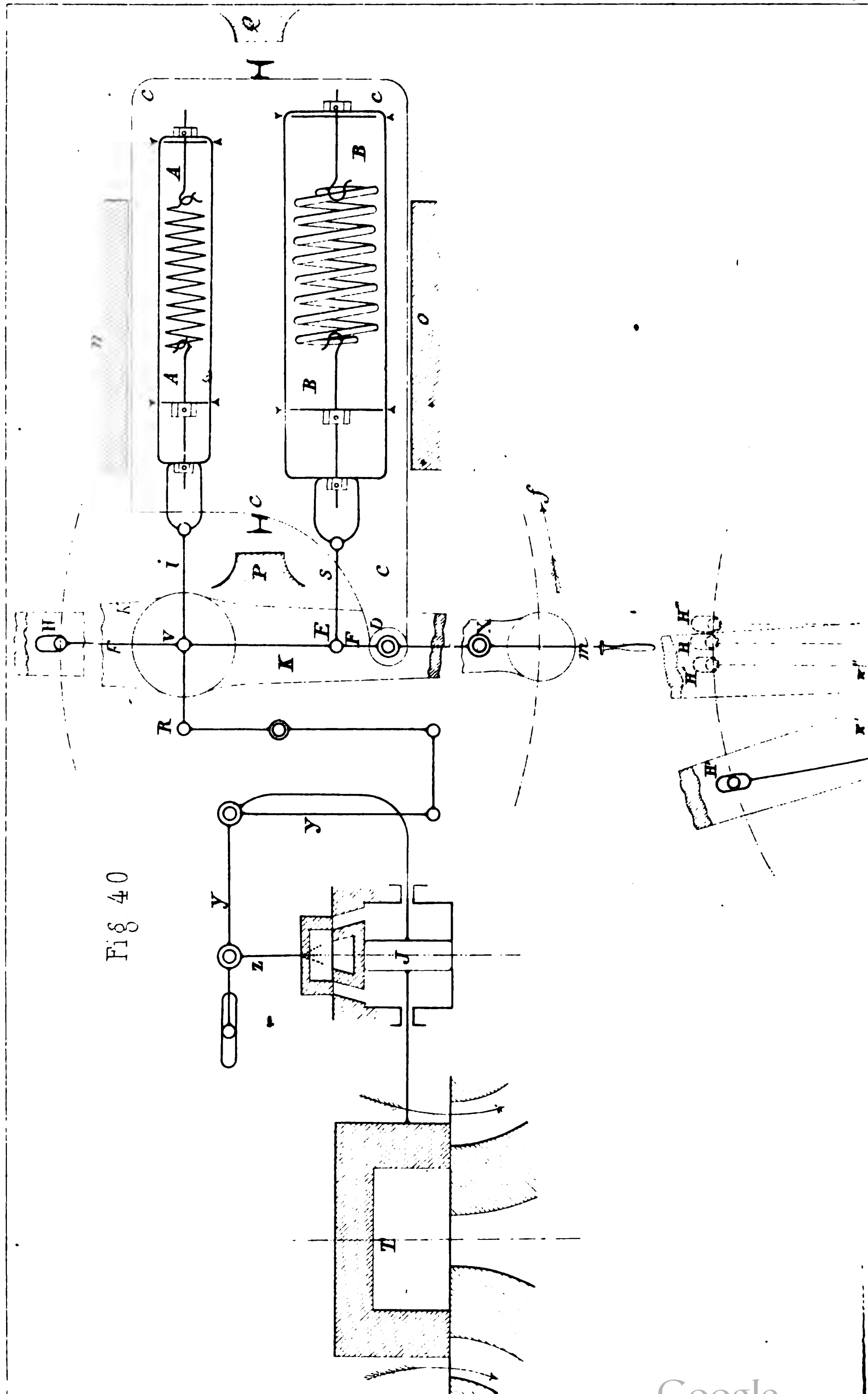
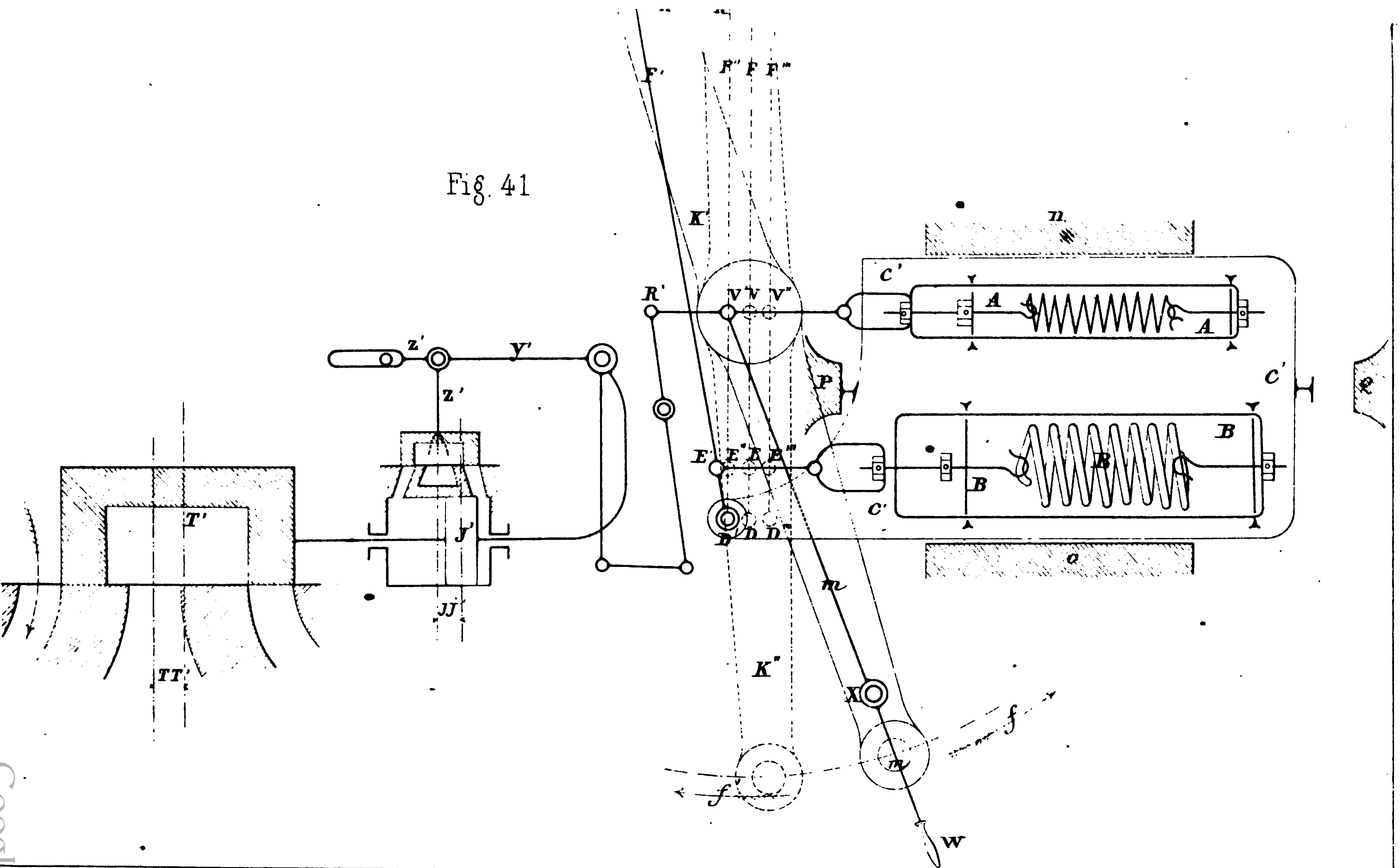


Fig 40

Fig. 41



Autog Broise R. de Dunkerque, 43 à Paris

qui donne encore à la bielle *k* exactement la même position, celle initiale par rapport à B.

On voit donc que le but qu'on s'est proposé est bien atteint, et que, soit qu'on amène la bielle *k* en *k'* ou en *k''*, sitôt qu'on l'abandonne à elle-même, elle revient toujours à sa position primitive *k*.

Maintenant qu'on comprend bien le jeu d'une boîte à ressort de stop, nous allons exposer en détail le fonctionnement du *chariot de déplacement des stops.*

§ 24. — *Chariot de déplacement des stops.*

Cet appareil se compose (fig. 40) de deux boîtes à ressorts A et B, fixées sur le chariot mobile *c*; les buttées respectives de ces boîtes font partie du chariot *c*. Ce chariot coulisse entre deux glissières *n* et *o*; deux buttées spéciales P et Q limitent, dans les deux sens, sa course qui est égale au chemin qu'il faut parcourir en R pour passer d'un stop à l'autre du tiroir T.

Sur le chariot *c* et dans l'axe de la barre K, se trouve fixé au point D, un balancier F, relié par une bielle *s*, en un point E, à la boite à ressort B; l'autre extrémité H de ce balancier F est fixée en H, par une articulation à coulisse, à la barre K.

La petite boîte à ressort A est reliée aux rênes *y z* du petit servo-moteur par la bielle *i*, au point V extrémité du balancier des rênes *m* qui s'étend de *m* en V, ayant son axe d'oscillation en X sur la barre K, et est établi dans un plan horizontal supérieur à celui du balancier F, lequel est bien distinct de lui et s'étend de D en H.

Examinons comment, avec ce chariot ainsi constitué, nous pouvons établir sûrement les deux stops du tiroir T.

Faisons marcher la barre dans la direction de la flèche *f*.

Pour cela nous saisissons le levier *m*, en W (fig. 41), et nous le poussons dans cette direction *f* jusqu'à ce que le tiroir T, conduit par le servo-moteur auxiliaire comme nous l'avons vu précédemment (§ 20), ait dépassé la position T′ ; jusque-là rien de changé, si ce n'est qu'en faisant marcher le point V en V′, nous avons tendu le ressort de la petite boîte de stop A, le chariot *c* n'ayant pas encore bougé.

Mais alors le piston et avec lui la barre K vont se mettre en mouvement dans la même direction *f*. Cette dernière K entraîne avec elle le balancier F par le point H; et si on a, comme on le doit, disposé le ressort B pour que sa tension initiale soit plus grande que la force nécessaire pour mouvoir le chariot *c* et les rênes du petit moteur, cette attache du ressort deviendra un lien rigide, et le balancier F se trouvera encastré sur le chariot *c* par les deux points D et E.

Étant ainsi encastré, le balancier F se mouvra parallèlement à lui-même, entraînant avec lui le chariot *c* jusqu'à ce que celui-ci rencontre la buttée fixe P; alors le balancier F sera venu en F″ et le chariot *c* en *c*′.

Si la barre continue son mouvement et vient en K′, par exemple, la résistance de la buttée P étant absolue ou beaucoup plus grande que la tension du ressort B, le point D′ appartenant au chariot devient point fixe, et le point H″ continuant son mouvement jusqu'en H′, le point E″ passe en E′ en tirant ou tendant le ressort de la boîte B, ce qui revient à coller, pour ainsi dire, le chariot *c*′ sur la buttée P, avec une force croissant comme la tension du ressort.

Donc, dans toutes les positions de la barre à partir de K″, dans le sens de la flèche *f*, le chariot *c* restera en *c*′ fixé sur la buttée P.

Ce chariot a transporté avec lui la boîte à ressort A;

qui elle-même a entraîné les rênes $y' z'$, du petit moteur puisque ce ressort A doit avoir une tension initiale plus grande que la résistance de ces rênes. Il s'ensuit que le point W étant abandonné par la main du timonier, celui V est toujours ramené en V′ par la boîte A à une distance V V′ de la position initiale V, égale au déplacement du chariot *c*.

Mais, le point V déterminant la position du piston du petit moteur J puisque c'est lui qui est son conducteur, ce piston J sera déplacé aussi d'une quantité J J′ proportionnelle à V V′, et par suite le tiroir T aura été transporté d'une quantité T T′ égale à J J′.

Or, comme le point V est toujours ramené en V′ par la boîte A, il s'ensuit que le tiroir T sera toujours ramené en T′, c'est-à-dire que son *stop* viendra pour la marche dans le sens de la flèche *f* toujours s'établir forcément en la même position T′.

Ce qu'il fallait démontrer.

Le même raisonnement ferait voir que, pour la marche dans le sens de la flèche *f′*, le chariot *c* venant butter sur Q, l'autre *stop* s'établirait aussi sûrement et aussi facilement que le premier.

§ 25. — *Angle d'indétermination. — Un degré de chaque bord.*

Le problème se trouve donc ainsi bien résolu, seulement nous ferons remarquer que pendant le parcours de la barre correspondant au transport parallèle du balancier F de F″ en F‴ ou à la course du chariot *c* entre ses deux buttées P et Q, c'est-à-dire au *passage d'un stop à l'autre* du tiroir T, la barre est abandonnée à elle-même, car le tiroir T n'a aucune position déterminée.

Nous faisons l'angle de barre correspondant à *ce che-*

min aussi petit que possible en constituant F le plus grand possible pour éloigner le point H du centre de la barre, et nous arrivons ainsi à ne pas dépasser un degré de chaque bord pour cette période d'indétermination. Ainsi, de barre 1° bâbord à barre 1° tribord, on ne peut pas répondre de placer exactement le gouvernail au point indiqué par le timonier; c'est pourquoi nous appelons cet angle *angle d'indétermination.*

Il est du reste immédiatement évident qu'à cette position de la barre cela n'a aucun inconvénient pratique ou quelconque.

§ 26. — *Résumé des résultats obtenus par la première partie de l'appareil à gouverner.*

Nous croyons qu'on doit reconnaître maintenant qu'avec l'appareil tel qu'il est constitué et décrit figures 40 et 41, si on se contentait de satisfaire au cas de la marche en eau calme, et de commander la barre de la chambre où se trouve l'appareil, le problème serait entièrement résolu dans les meilleures conditions possibles, c'est-à-dire :

Rapidité d'action aussi grande qu'on le voudra ;

Précision extrêmement grande et toute nouvelle dans la manœuvre ;

Manœuvre des gouvernails les plus résistants avec un effort de quelques kilogrammes seulement dans la main du timonier ;

Minimum de dépense de vapeur.

Mais, comme il faut *pouvoir naviguer par tous les temps et commander le gouvernail d'un point quelconque* du navire, nous avons été conduits à ajouter à l'appareil ainsi établi divers accessoires indispensables, pour résoudre ces

SERVO-MOTEUR FARCOT.

Fig. 42.

tiroir T

Autog. Broise. R. de Dunkerque. 43 à Paris.

deux nouveaux problèmes, ce qui constitue la deuxième et la troisième partie de l'appareil à gouverner suivant la division indiquée au commencement du présent chapitre IV, § 17, et va faire l'objet des deux chapitres suivants.

CHAPITRE V.

GOUVERNAIL A VAPEUR DU *Bélier*. — 2[e] PARTIE.

Cylindre hydraulique, régulateur de flexion du gouvernail sous le coup de mer.

§ 27. — *Description du cylindre hydraulique, régulateur de flexion du gouvernail sous le coup de mer.*

Cet appareil se compose (fig. 42) d'un cylindre A plein d'eau, dans lequel se meut un piston B muni de garnitures de cuir embouti ; il est destiné à soutenir la charge du gouvernail sans dépense de vapeur et à régler la flexion facultative sous les coups de mer.

La tige E du piston B est fixée directement au bout de celle F du piston du grand servo-moteur au moyen d'une chappe fermée G dans laquelle est attachée la barre K au moyen de la bielle *z ;* sur cette chappe G sont aussi fixés les deux coulisseaux H H guidant le mouvement rectiligne des tiges de pistons.

Les deux côtés du piston hydraulique B sont mis en communication avec la boîte de distribution d'eau au moyen des galeries *c c c c.*

Dans la boîte de distribution D complétement fermée, se meut un tiroir équilibré N N qui ouvre ou ferme les quatre orifices du cylindre à la fois. Ce tiroir N est mis

en mouvement par un doigt intérieur O, manœuvré au moyen d'un levier vertical extérieur P ; ce levier P est relié au moyen d'une bielle à une manivelle verticale Q, calée à l'extrémité d'un arbre portant un pignon denté *s*, lequel engrène avec une bielle crémaillère *y* dont l'extrémité est fixée au bout supérieur d'un petit balancier *u* ayant son centre d'oscillation V pris sur le bâti de l'appareil.

Le balancier *u* est d'ailleurs relié par son extrémité inférieure à la tige du piston du petit servo-moteur auxiliaire *x* dont nous avons parlé dans le chapitre IV, § 20.

Le tiroir N se trouve donc relié au petit servo-moteur par les intermédiaires que nous venons de décrire et dont nous allons faire connaître l'utilité.

Le cylindre A, les galeries *c c* et la boîte D étant pleins d'eau, il doit exister entre la marche du tiroir à vapeur du grand moteur T et celle du tiroir à eau N une relation permanente d'ouverture simultanée telle que le piston à vapeur et celui à eau, marchant de concert, s'aident et se soutiennent mutuellement et en temps utile.

Examinons donc quelles doivent être dans ce but les positions successives et relatives du tiroir à vapeur T et de celui à eau N.

D'après ce que nous avons vu dans la première partie du gouvernail à vapeur on doit reconnaître que le tiroir T occupe cinq positions bien déterminées, correspondant aux cinq façons dont peut travailler son cylindre ; nous allons les résumer (fig. 43).

Première position en T (tracé plein).

Tiroir au *stop* indéterminé correspondant à la descente ou au recul du gouvernail, d'un bord ou de l'autre, vers

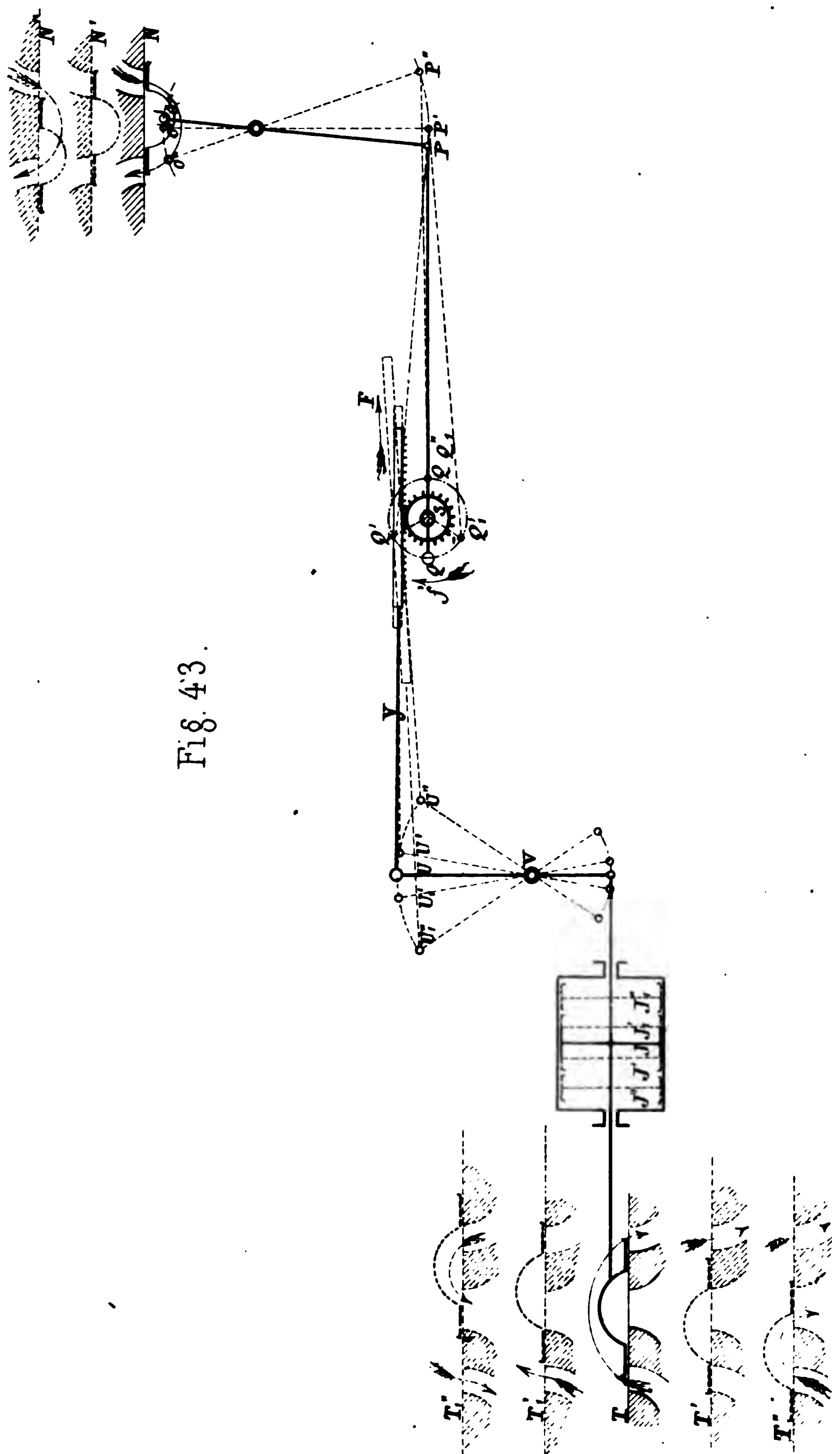


Fig. 43.

Autog. Brosse R. de Dunkerque. 43 à Paris.

barre-droite sous la pression de l'eau, ou aussi à la position barre-droite.

Pour permettre à la barre de descendre, c'est-à-dire au piston du cylindre à vapeur de revenir au milieu de sa course, et pour que le piston hydraulique puisse le suivre, il faut qu'il y ait communication d'un côté à l'autre de ce piston, afin que l'eau refoulée d'un côté aille remplir le vide laissé derrière le piston de l'autre côté. La position correspondante du tiroir hydraulique est celle du tracé plein N, c'est-à-dire orifices ouverts d'une certaine quantité,

Deuxième et troisième positions T′ et T'_1 (tracés ponctués).

Tiroir tenant la barre en équilibre, en un angle quelconque d'un bord ou de l'autre.

Le piston étant ainsi en équilibre, il faut, pour que le cylindre hydraulique maintienne la barre sous le coup de mer, tout en parant par flexion convenable aux chocs trop violents comme nous l'expliquerons plus loin, que le piston B soit emprisonné entre deux eaux; pour cela, la position correspondante du tiroir hydraulique N est celle du tracé ponctué N′, c'est-à-dire les quatre orifices fermés.

Quatrième et cinquième positions en T″ et T''_1 (tracés ponctués).

Elles correspondent à la barre montant sous la pression de la vapeur, pour prendre l'angle d'inclinaison qu'on veut lui donner d'un bord ou de l'autre.

La vapeur agissant dans ces positions pour mouvoir la barre et le cylindre hydraulique ne devant pas s'y opposer, mais au contraire offrir le moins de résistance

possible, le tiroir N devra être ouvert en grand, comme l'indique le tracé ponctué N″.

Ces positions relatives nécessaires des deux tiroirs sont réalisées, malgré les difficultés que ce problème présentait, par la transmission de mouvement qui relie ces tiroirs et que nous avons décrite plus haut. Ce résultat est surtout obtenu par l'effet du mouvement égal et symétrique en dessus et en dessous de l'horizontale que le pignon denté *s*, de la crémaillère *y*, imprime à la bielle Q P, figure 43, manœuvant le tiroir hydraulique.

En effet, d'après ce que nous avons vu dans la première partie, pour les positions T T′ T'_1 T″ T''_1 du tiroir T, le piston du petit moteur (fig. 43) occupe les positions correspondantes J J′ J'_1 J″ J''_1 et le balancier U conduit par lui occupe celles U U′ U'_1 U″ U''_1.

Or, ce balancier étant en U, supposons la crémaillère engrenant au milieu de sa longueur, et la manivelle calée sur l'arbre du pignon en Q; soit aussi P *o* la position solidaire des leviers commandant le tiroir N; si l'on passe de U en U′, la crémaillère *y* marchera dans la direction F, faisant tourner le pignon *s*, et par lui la manivelle Q dans la direction *f′* jusqu'en Q′; le point P sera ainsi amené en P′ et *o* en *o′*, et le tiroir N en N′, ce qu'il fallait effectuer.

Il en serait encore de même en passant de U en U'_1 Q passerait en Q'_1 position symétrique à celle Q′ par rapport à Q et donnant la même position N′ du tiroir N.

Donc le tiroir à vapeur T étant à ses deux *stops* T′ et T'_1, trouvera toujours le tiroir hydraulique N en sa position correspondante N′, ce qu'il fallait réaliser.

On montrerait de la même façon que T, passant en T″ ou en T''_1, trouvera également le tiroir hydraulique N en N″, position correspondante.

Maintenant que l'on connaît bien la marche du cylindre hydraulique et de sa distribution, nous allons passer à la description de quelques accessoires, qui complètent son installation. Puis nous donnerons, dans le chapitre VI, la description de la transmission funiculaire, avant d'expliquer, dans le chapitre VII, toute l'utilité de ce cylindre; car quelques dispositions particulières de cette transmission contribuent à assurer, sans l'intervention du timonier, le bon fonctionnement du cylindre hydraulique, et il est nécessaire de les connaître pour bien comprendre la marche relative de l'ensemble.

§ 28. — *Soupape d'équilibre et de flexion.*

Cette soupape est constituée dans le double but que voici :

1° Le tiroir à eau étant fermé après que la barre a été amenée en une position quelconque, *pouvoir mettre en communication dans la mesure que l'on veut les deux côtés du piston hydraulique,* quand la pression sur le gouvernail excédera une quantité déterminée à l'avance par le timonier, d'après l'état du temps, afin de permettre au gouvernail de fléchir pour céder à la lame.

2° Permettre la communication entre les deux côtés du piston à eau, sans offrir aucune résistance, au moyen d'un déclenchement automatique dans le cas où, par accident exceptionnel, négligence ou inadvertance, le tiroir hydraulique qui est équilibré viendrait à gripper étant fermé, ce qui empêcherait tout mouvement du piston à eau et, par suite, de la barre et pourrait, dans certains cas, donner lieu à des accidents graves.

Description.

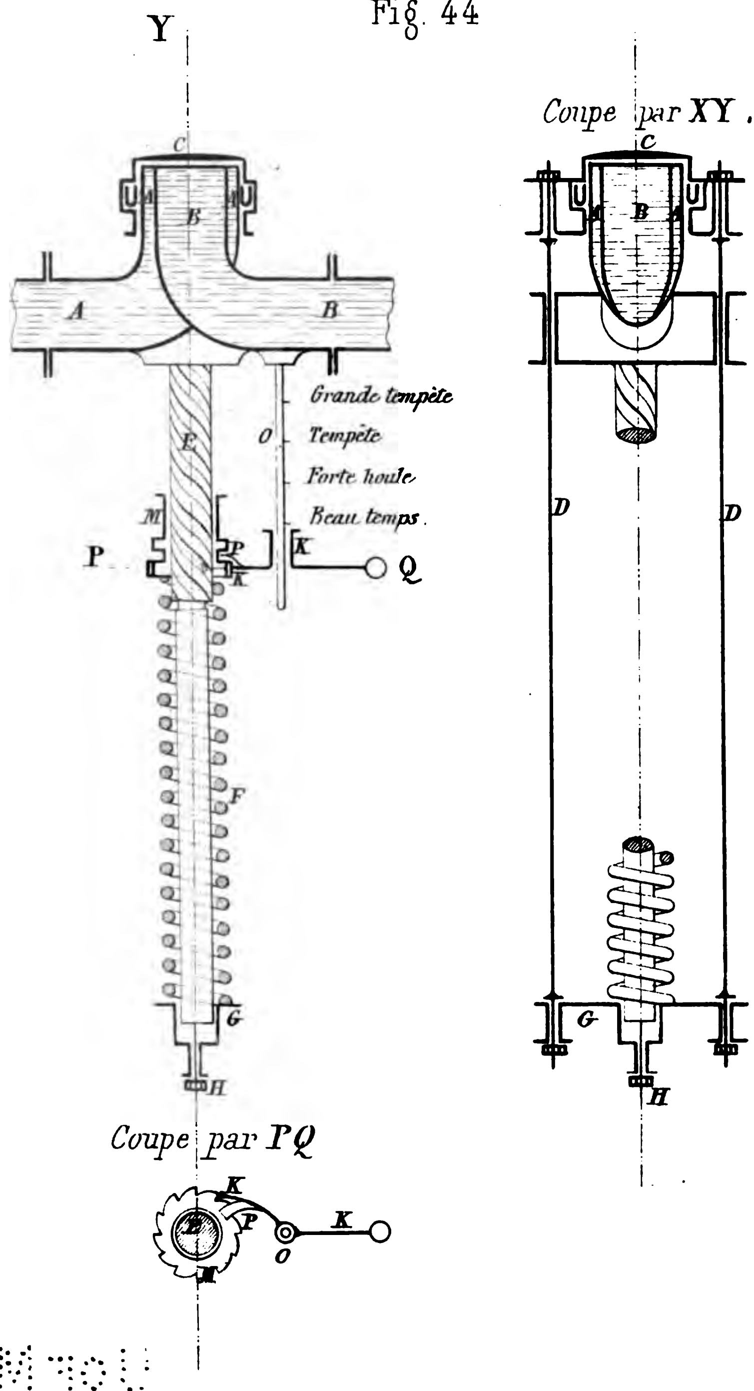
Cet appareil se compose (fig. 44) de deux conduites A et B communiquant chacune avec un des côtés du piston hydraulique, et venant former deux galeries concentriques, fermées en dessus par un chapeau *c* garni de cuir ou de toute autre matière, et qui fait joint sur ces deux galeries, comme un clapet sur son siége.

Ce chapeau *c* est muni d'une garniture latérale emboîtée, afin d'éviter toute fuite au dehors, quand il est levé et qu'il y a communication entre les deux galeries.

Ce chapeau *c* ou clapet est chargé d'une pression produite par un ressort F et qu'on règle à volonté au moyen d'un écrou M dont les filets sont à grand pas, ayant une inclinaison telle qu'une pression quelconque exercée dans le sens de l'axe de la vis sur cet écrou puisse vaincre les frottements qui s'opposent au glissement et le faire marcher en tournant sur cette vis.

Par suite, pour éviter que cet écrou ne remonte sous la pression du ressort F et pour le maintenir en la position que l'on veut, il faut l'empêcher de tourner; c'est ce que nous faisons au moyen du cliquet K, qui sert aussi à tendre le ressort F; il agit sur un rochet taillé dans la masse de l'écrou. Ce cliquet est mobile sur son axe d'oscillation *o*, et entraîné ainsi verticalement par l'écrou au moyen d'une touche P emboîtée dans la rainure qui surmonte le rochet.

On comprend facilement que, les choses étant ainsi disposées, si, au moyen d'une broche ou d'une clef, on tourne l'écrou M, on le fera monter et descendre avec son cliquet K qui le maintiendra en la position où on l'aura laissé. On pourra donc donner au ressort la tension que l'on voudra et faire que le chapeau *c* ne se lève



Autog. Broise, R. de Dunkerque, 43 à Paris.

pour mettre en communication les deux galeries A et B que sous des pressions fixées à l'avance à la volonté du timonier et variant de 0 à 30 atmosphères par exemple, dans le cylindre hydraulique.

On pourra disposer sur l'axe *o* une graduation indiquant la position exacte qu'il faut donner à l'écrou d'après l'état de la mer, comme l'indique la fig. 44.

Le chapeau *c* est relié au ressort F au moyen de deux tringles D D et d'une traverse G. Dans l'axe de la vis principale E, et sur cette traverse se trouve une petite vis H servant à limiter la levée du chapeau C.

On comprend qu'avec cette soupape il n'y aura, le tiroir hydraulique étant fermé, communication des deux conduites A et B, et par conséquent mouvement du piston à eau ou de la barre, qu'autant que la pression de l'eau dans une de ces galeries se sera élevée assez pour équilibrer la tension du ressort F sur le chapeau *c*, et que, plus cette tension du ressort sera grande, plus il faudra que la pression dans le cylindre hydraulique s'élève pour pouvoir établir la communication.

Nous verrons plus loin d'une façon plus étendue, dans la théorie que nous donnerons, au chapitre VI, du fonctionnement relatif du cylindre hydraulique et de tout l'ensemble, l'utilité de cette soupape.

§ 29. — *Cas hypothétique d'un grippement du tiroir hydraulique. — Déclenchement automatique. — L'appareil continuerait à fonctionner malgré ce grippement supposé.*

Le tiroir à eau du cylindre hydraulique, étant un tiroir équilibré, doit pouvoir glisser avec le moins de jeu possible, entre les deux glaces de sa boîte; d'autre part on pourrait craindre, par prévoyance extrême, que ce tiroir

ne vienne à gripper et, par suite, occasionner, si le bateau se trouvait alors fortuitement dans une passe difficile, des accidents fâcheux.

Ayant donc voulu donner à la manœuvre de notre appareil toute la sûreté possible, nous avons cherché le moyen de prévenir cet accident hypothétique et à faire en sorte que l'appareil ne soit pas paralysé un seul instant, même par ce fait supposé.

Pour cela nous avons disposé la bielle à crémaillère qui commande ce tiroir (fig. 45) en deux parties, l'une A servant de gaîne à l'autre partie B, et dans laquelle celle-ci peut coulisser; ces deux parties sont liées entre elles au moyen d'un verrou H à plan incliné et à ressort, réglé de telle façon que, quand l'effort exercé par la tige B pour entraîner la crémaillère A', et avec elle le tiroir, n'est plus en rapport avec la puissance que le petit servo-moteur peut développer sur cette tige B, c'est-à-dire quand la résistance du tiroir à eau devient anormale, le verrou se lève, et la tige B marche sans s'occuper de la crémaillère A, en glissant dans son étui.

Sur la tige B nous avons ensuite, dans un but que nous allons montrer tout à l'heure, adapté un crochet D, auquel est amarré une chaîne X passant sur une poulie de renvoi N fixée sur la crémaillère A', et allant s'attacher à la queue K du cliquet de la soupape d'équilibre.

Examinons quels étaient les dangers à courir dans le cas du grippement du tiroir à eau; supposons-le grippant dans la position où les orifices sont fermés :

Il y aurait alors deux causes pour lesquelles, subitement, l'appareil moteur ne pouvant plus marcher, on ne pourrait plus gouverner le navire :

1° Le tiroir étant grippé, on réduirait à l'impuissance le petit servo-moteur, qui, ne pouvant plus marcher, paralyserait l'appareil.

2° En supposant qu'alors on parvînt à décrocher subitement le tiroir hydraulique pour laisser fonctionner le petit servo-moteur, le tiroir hydraulique ayant grippé dans sa position de fermeture, le piston à eau empêcherait tout mouvement de celui à vapeur et par conséquent de la barre.

Mais, au moyen des dispositions que nous venons de décrire, automatiquement et sans que le timonier s'en aperçoive, l'appareil lui-même remédie à ces deux inconvénients hypothétiques.

En effet, supposons le tiroir à eau grippé, c'est-à-dire adhérent à ses glaces au point de ne plus pouvoir bouger; qu'arrive-t-il ?

La crémaillère A′ opposant à la bielle B une résistance trop grande, le verrou H se lève et permet à celle-ci de se mouvoir comme si le tiroir à eau n'existait pas; le petit moteur se trouve donc dégagé.

Puis la bielle B, marchant par rapport à la pièce A A′, le crochet D s'éloigne et se rapproche alternativement de la poulie N devenue fixe; la distance D N devient à un moment D′ N, et la chaîne tire alors sur la queue du cliquet K qu'elle déclenche. Ce cliquet étant déclenché, l'écrou M (voir fig. 44) remonte instantanément sous la pression du ressort F, qui se détend complètement. Il s'ensuit que, le chapeau C n'étant plus chargé, la communication sous la moindre pression s'établira de la conduite B à celle A, et le piston à eau pourra se mouvoir de la même façon que si son tiroir était ouvert.

On voit donc bien qu'il n'y a plus aucun danger à craindre par le fait du grippement du tiroir à eau et que, si cela arrivait par un hasard exceptionnel, on s'en apercevrait à peine dans la marche de l'appareil; cet incident n'occasionnerait aucun arrêt dans les manœuvres.

On pourrait alors, tout en continuant à faire fonctionner le gouvernail, démonter la boîte à eau et réparer ce tiroir, sans qu'il en soit résulté le moindre inconvénient.

CHAPITRE VI.

GOUVERNAIL A VAPEUR DU BÉLIER. — 3e PARTIE.

Transmission funiculaire.

---

§ 30. — *Considérations sur les divers modes de transmission généralement applicables au servo-moteur.*

Maintenant que nous sommes arrivés à constituer l'appareil de façon à résoudre et à vaincre les difficultés que l'on rencontre dans la manœuvre instantanée d'un gouvernail par la vapeur, il nous reste à décrire le mode de transmission que nous avons employé pour pouvoir le commander d'un point quelconque du bâtiment.

Sur le *Cerbère*, qui est le premier navire où nous ayons appliqué cet appareil, nous devions pouvoir commander à volonté, soit de la passerelle du pont se trouvant à l'avant du bateau et à 45 mètres environ du servo-moteur, soit de la partie fixe de la tour blindée située aussi à l'avant.

Nous avons commencé par étudier un système de transmission par arbres tubulaires et engrenages aussi légers que possible, comme ont fait les constructeurs anglais dans la commande du *Great Eastern*; mais, après mûres réflexions, cette transmission étant déjà presque

SERVO-MOTEUR FARCOT.

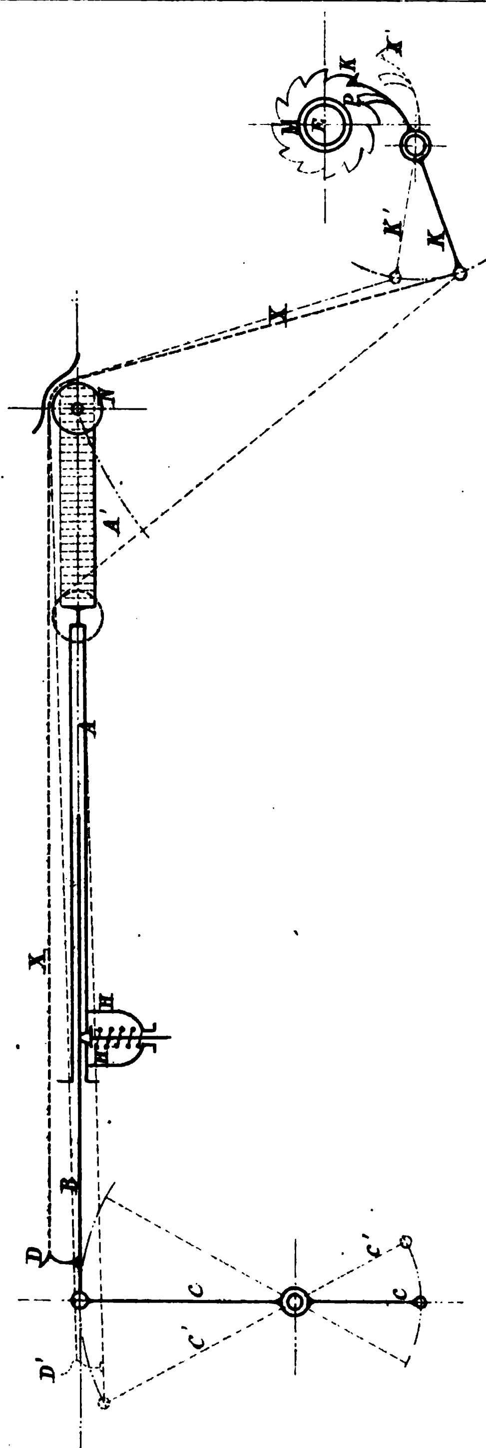


Fig. 45

Autog. Broise. R. de Dunkerque, 43 à Paris.

terminée dans nos ateliers, nous n'avons pas cru devoir l'appliquer; car sur une longueur de 45 mètres, avec trois renvois de mouvement dans la longueur, on arrivait à constituer une transmission lourde à manœuvrer et surtout compliquée.

De plus, étant forcés de faire passer les arbres au-dessus des chaudières des machines, on devait parer aux dilatations, ce que nous avions fait au moyen de manchons à glissement, mais qui, abandonnés à eux-mêmes, logés au plafond qu'ils étaient, auraient pu finir par se rouiller et ne plus glisser à temps.

Ensuite il fallait, pour que les engrenages pussent fonctionner, une certaine précision dans la pose de tous les paliers de ces arbres, précision qui aurait pu disparaître bientôt par le travail de la coque du bateau sur la grande longueur des arbres, et, malgré l'emploi de manchons articulés, on aurait pu n'obtenir qu'une transmission lourde au mouvement, compliquée, onéreuse et sujette à dérangement; c'est pourquoi nous avons cru devoir y renoncer.

Nous avions pensé à l'emploi d'une transmission hydraulique constituée au moyen de deux colonnes d'eau en mouvement dans des tuyaux de petit diamètre agissant sur le balancier E des rênes du grand moteur (fig. 32, 33) comme le feraient les drosses de la barre actuelle, mais nous avons craint que cette transmission avec les garnitures nécessaires à chaque bout ne fût aussi trop délicate. Nous y avons cru voir de plus cet inconvénient qu'on ne pourrait être jamais bien sûr que les indications du cadran fixé sur l'appareil de commande, et qui guide le timonier, fussent d'accord avec les positions réelles de la barre; car une fuite dans une des garnitures, n'existant pas à l'autre, suffirait pour tout fausser.

Les gelées pouvaient gêner aussi dans certains pays;

nous avons donc jugé prudent de ne pas admettre, au moins actuellement, ce genre de transmission.

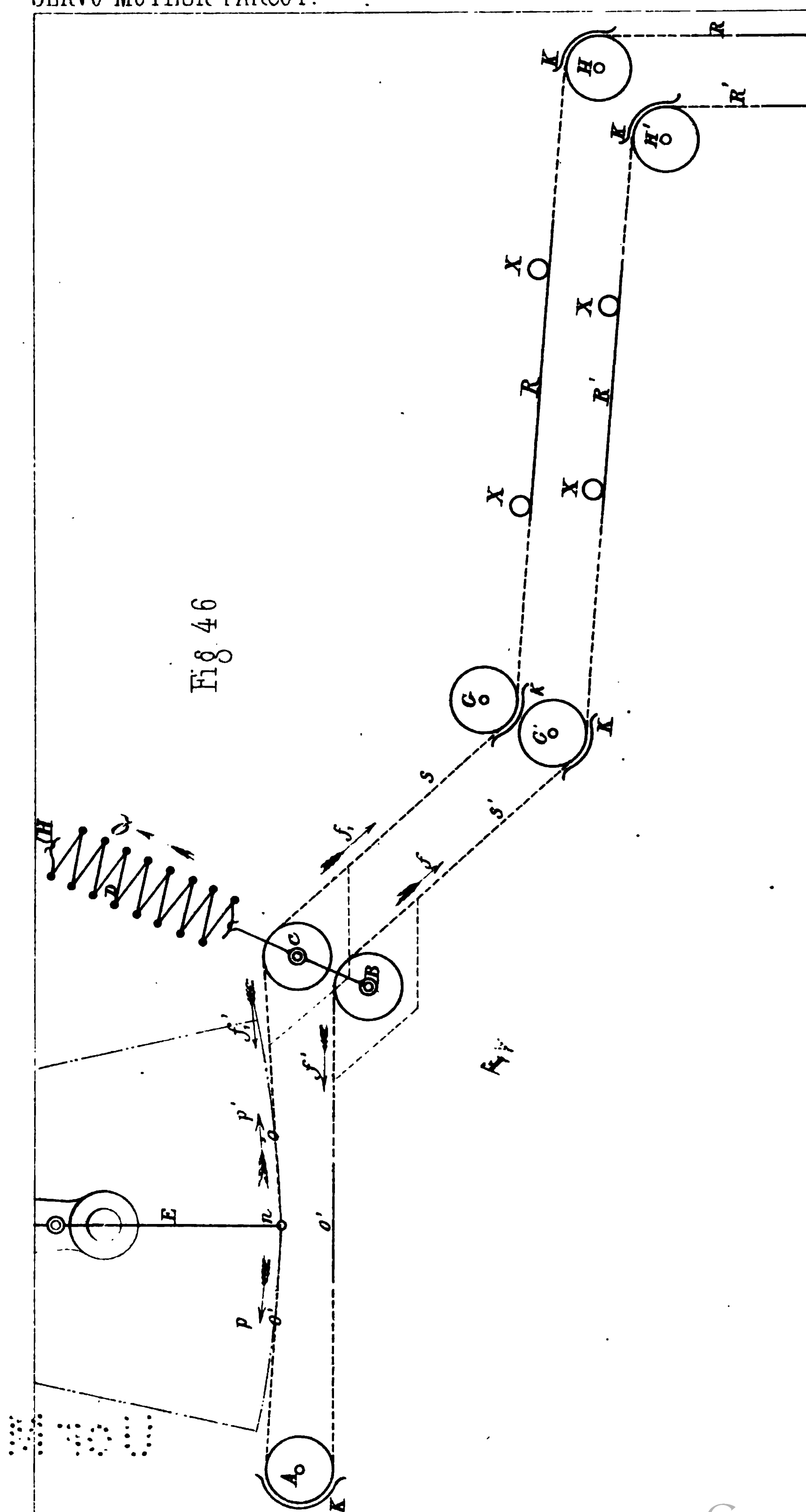
Après de nouvelles études, nous avons adopté le système de transmission funiculaire, constitué au moyen de fils de fer et de chaînes, comme étant celui qui présente le plus de sûreté, solidité, légèreté et simplicité. Mais, avant sa réalisation, il nous a fallu trouver, après longues recherches, un moyen simple, une disposition efficace et certaine pour que la transmission reste toujours tendue et à graduation bien fixe, quelles que soient les différences de température, ou les allongements et raccourcissements dus aux dilatations, sans fausser en rien les indications du cadran qui sert d'axiomètre pour le timonier.

§ 31. — *Transmission funiculaire.* — *Description.*

Cette transmission est constituée de la manière suivante, figure 46.

A l'extrémité *n* du balancier des rênes E du grand servo-moteur qu'il faut manœuvrer sont attachés deux brins *o* et *o'*, composés de fils de fer R R' dans les parties droites supportées par de petits galets X X, et de petites chaînes *s s'*, passant sur les poulies H H' G G' dans les renvois de mouvement. Ces deux brins s'étendent jusqu'au poste de commande de l'appareil situé en un point quelconque du bâtiment.

A l'origine de ce circuit funiculaire, le brin *o'* passe sur une poulie de renvoi A, fixée à la coque, puis repasse sur une poulie B faisant partie d'une chappe à deux poulies C B, sur la deuxième poulie C de laquelle chemine le brin *o*; puis ces deux brins *s* et *s'* s'en vont ainsi parallèlement, supportés à dix ou douze centimètres du



Autog. Broise. R. de Dunkerque. 43. Paris.

plafond, dans leurs parties rectilignes, par des petits galets X X X jusqu'au *poste de commande*.

Des gardes en tôle K K K sont fixées à côté de chacune de ces poulies pour empêcher la chaîne de sortir de la gorge.

On comprend facilement qu'on agit avec ce système de transmission comme avec les drosses ordinaires. Quand on tire le brin o', par exemple, le brin o mollissant en retour de la quantité dont on tire o', permet d'abord au balancier nE de s'avancer du chemin demandé par ce brin o' et ensuite le maintient entre deux fils o et o' toujours tendus également, quand le conducteur s'arrête, à la position où on l'a amené.

La chappe à deux poulies sur lesquelles passent les deux brins o et o', est fixée à la coque en H par l'intermédiaire d'un ressort D, qui sert de compensateur pour tous les effets de tensions anormales et de dilatation qui peuvent s'opérer sur la transmission.

On comprend que ce ressort, tirant sur les deux brins o et o', compense et embraque ou roidit constamment tout le mou de ces deux brins, et qu'il ne peut jamais y avoir de temps perdu dans cette transmission.

En effet, soit Q la tension du ressort D; cette tension se décompose sur chacun des axes B et C, en deux forces F qui elles-mêmes se décomposent en une série d'efforts de traction $f f' f_1 f'_1$ produits sur chacun des brins, et l'on a

$$Q = \text{résultante de } f + f' + f_1 + f'_1.$$

Soit p l'effort qu'il faut exercer sur l'un des brins, pour mouvoir le balancier E et faisons

$$f > \frac{p}{2}.$$

Quand on voudra faire marcher le balancier E dans le sens de la flèche p, la tension du brin o' s'augmentera

et celle du brin $o\,s$ diminuera jusqu'à ce que ces tensions, dans leur ensemble soient devenues :

$$\left(f+\frac{p}{2}\right)-\left(f_1-\frac{p}{2}\right)=p.$$

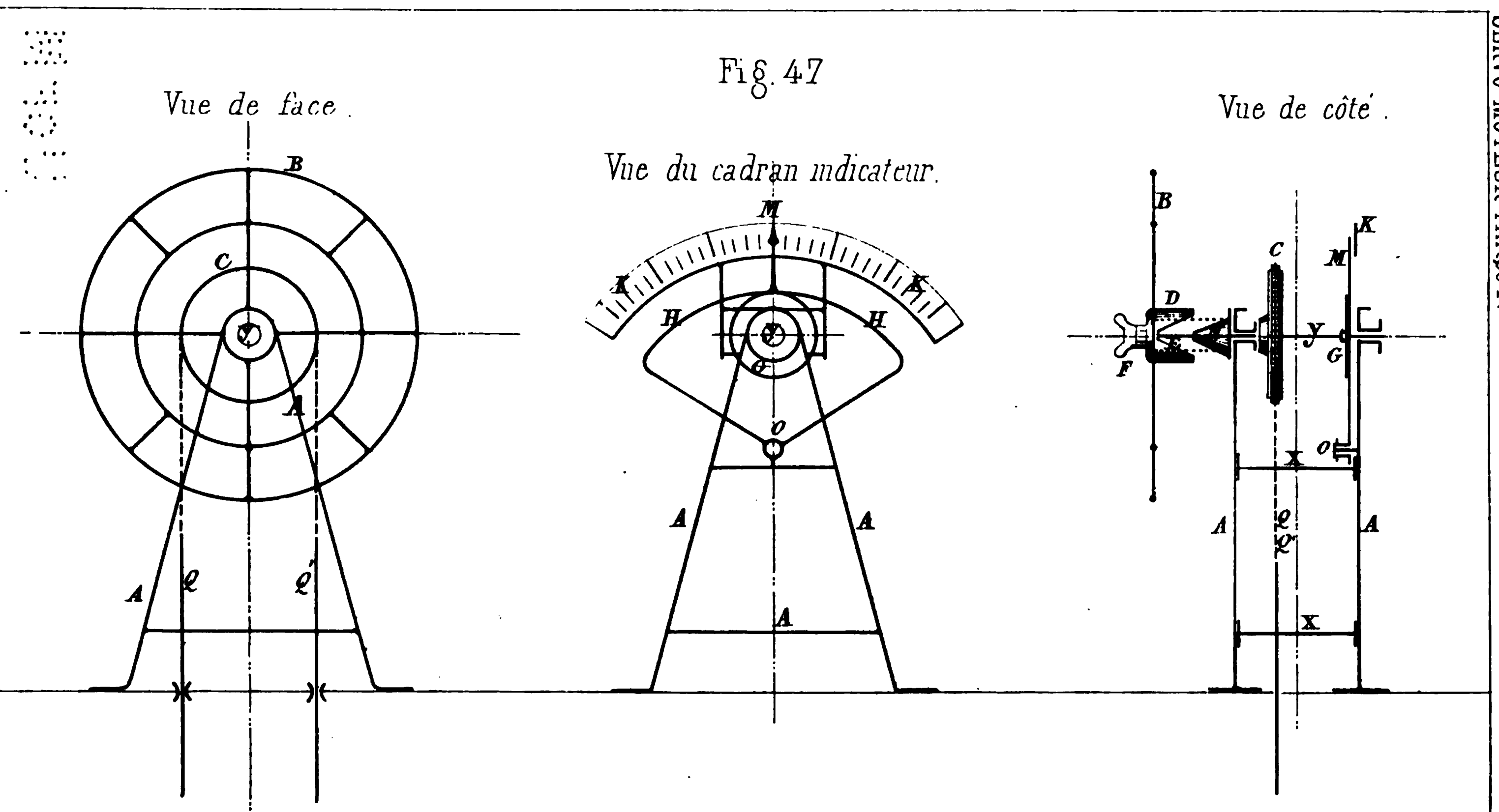
Alors le balancier E étant sollicité par une force p égale ou un peu supérieure à sa résistance, se mettra en mouvement ; mais, ce que nous avons ajouté à la tension d'un des brins ayant été forcément retranché de la tension de l'autre, puisque le circuit total est fermé et solidaire, la résistance de Q n'a pas changé; la longueur du ressort est donc restée la même, la transmission se sera donc comportée comme si les poulies B et C étaient amarrées à un point fixe, c'est-à-dire que le cadran axiomètre du timonier n'aura pas été faussé pendant la marche, et aura indiqué exactement les chemins parcourus par la barre.

Pour ce qui concerne les dilatations, les deux brins rappelés par ce ressort D de quantités égales ne faussent pas davantage les divisions du cadran, ils changent seulement la tension du ressort D.

Ce ressort fait aussi en quelque sorte l'office d'une soupape de sûreté dans le cas où, la barre ne répondant pas immédiatement, le timonier voudrait par trop forcer sur cette transmission.

Ce mode de transmission a encore l'avantage d'être, le plus possible, invulnérable aux coups de l'ennemi, car, deux fils de 8 ou 9 millimètres de diamètre occupant très-peu de place dans l'espace, on peut conduire cette transmission partout où l'on veut, mettre même, si on le voulait, un poste de commande en haut d'un mât, par exemple, ces deux fils étant pour ainsi dire invisibles pour l'ennemi.

SERVO-MOTEUR FARÇOT.



Autog. Broise. R. de Dunkerque, 43.

Nous allons maintenant donner la description de l'appareil que l'on place en chacun des points du bâtiment d'où l'on veut pouvoir commander la barre; c'est cet appareil que nous appelons *poste de commande.*

§ 32. — *Poste de commande.*

Cet appareil se compose, figure 47, de deux supports ou bâtis A A, reliés par des entretoises X X, portant un arbre *y* sur lequel sont montés les organes de commande.

Au bout de cet arbre se trouve un volant à main B, fou, et pouvant de plus glisser longitudinalement; le moyeu D de ce volant porte un *manchon à dents* E embrayant avec un manchon semblable N qui est calé sur l'arbre.

Entre le volant et ce manchon N se trouve un ressort repoussant constamment le volant B sur les écrous de réglage F. On conçoit que par le moyen de ces écrous on peut, en serrant le volant à bloc, produire un entraînement sans jeu, de même qu'on peut, en reculant ces écrous et laissant le volant s'éloigner plus ou moins du manchon N, donner tout le temps perdu que l'on jugera utile entre E et N, suivant l'état de la mer, comme nous l'expliquerons plus loin.

En faisant tourner le manchon N, on entraîne une roue à chaîne Galle *c*, calée sur l'arbre *y* et sur laquelle passent les deux brins Q et Q′ de la transmission funiculaire. Au bout de l'arbre est fixé un petit pignon G qui engrène avec un secteur H, ayant son centre d'oscillation sur le bâti en *o* et muni d'une aiguille M par laquelle il indique en degrés, sur un cadran fixe K, tous les mouvements et toutes les oscillations de la barre.

On comprend que, lorsqu'on fait tourner le volant B, celui-ci vient entraîner le manchon N et avec lui la roue *c* qui fait mouvoir les brins de la transmission.

On peut, selon les dispositions préférées, faire soit un soit plusieurs tours, à volonté, pour la course complète de la barre.

On comprend facilement aussi qu'avec le mode de circuit funiculaire constitué comme nous l'avons vu, on peut placer sur la transmission autant de postes de commande que l'on veut et commander la barre alternativement de plusieurs points du bâtiment, suivant les cas.

CHAPITRE VII.

FONCTIONNEMENT RELATIF DES DIFFÉRENTES PARTIES DE L'APPAREIL.

---

§ 33. — *Fonctions du cylindre hydraulique par mauvais temps.*

Plus de sûreté pour le gouvernail qu'avec l'ancienne commande à bras d'hommes.

Maintenant que l'on connaît bien la construction et l'agencement du cylindre hydraulique et de la transmission funiculaire, nous allons en expliquer toute l'utilité.

Quand on navigue par un très-gros temps, la lame

peut venir frapper le gouvernail en deux conditions distinctes, savoir :

1° Le gouvernail étant à l'état de repos ou d'équilibre en une position quelconque, c'est là le cas général ;

2° Le gouvernail étant à l'état de mouvement, c'est-à-dire en train de monter pour donner de la barre ou de descendre pour revenir vers barre droite.

Voici quelle sera la marche à suivre dans dans chacun de ces cas.

Premier cas.

Voyant arriver le mauvais temps :

1° Nous réglons notre soupape d'équilibre et de flexion en plaçant l'écrou M, fig. 44, à la position indiquée, par exemple, pour tempête, cette position ayant été déterminée antérieurement par expérience.

Nons savons donc à l'avance que, sous une pression assez faible exercée sur le piston hydraulique, la soupape se lèvera et permettra à ce piston de reculer suffisamment, pour que, grâce à cette flexion, le choc de la lame ne puisse être assez puissant pour détériorer le gouvernail.

2° Nous réglons la position du volant du poste de commande de façon à laisser entre le manchon calé et le volant fou un temps perdu tel que la barre puisse fléchir ou plutôt reculer de l'angle nécessaire avant que les dents du manchon viennent rencontrer celle du moyeu du volant.

Examinons ce qui va se passer en telles conditions :

Nous dirons d'abord, relativement aux figures que nous allons étudier, que, dans le *Bélier,* la commande du gouvernail a été établie suivant une disposition ana-

logue à celle que nous avons indiquée au § 19, fig. 30 et 31, par barre double ou par barre renversée, ainsi que nous le verrons plus loin, et par des motifs que nous exposerons au § 36, chap. VIII.

Revenons au cas de choc qui nous occupe.

La lame venant frapper le gouvernail dans la direction F, par exemple fig. 48, pourrait le briser, si celui-ci faisait résistance absolue. Il faut donc que le gouvernail puisse céder sous cette lame avec une résistance croissante, de façon à absorber tout le travail du choc de la force F, en reculant d'un angle de flexion assez petit, mais suffisant pour que son existence ne puisse être compromise.

Au moment de ce choc, l'appareil étant dans les conditions d'équilibre que nous avons indiquées, savoir :

Le piston X, pris entre deux pressions totales P et P' telles que :

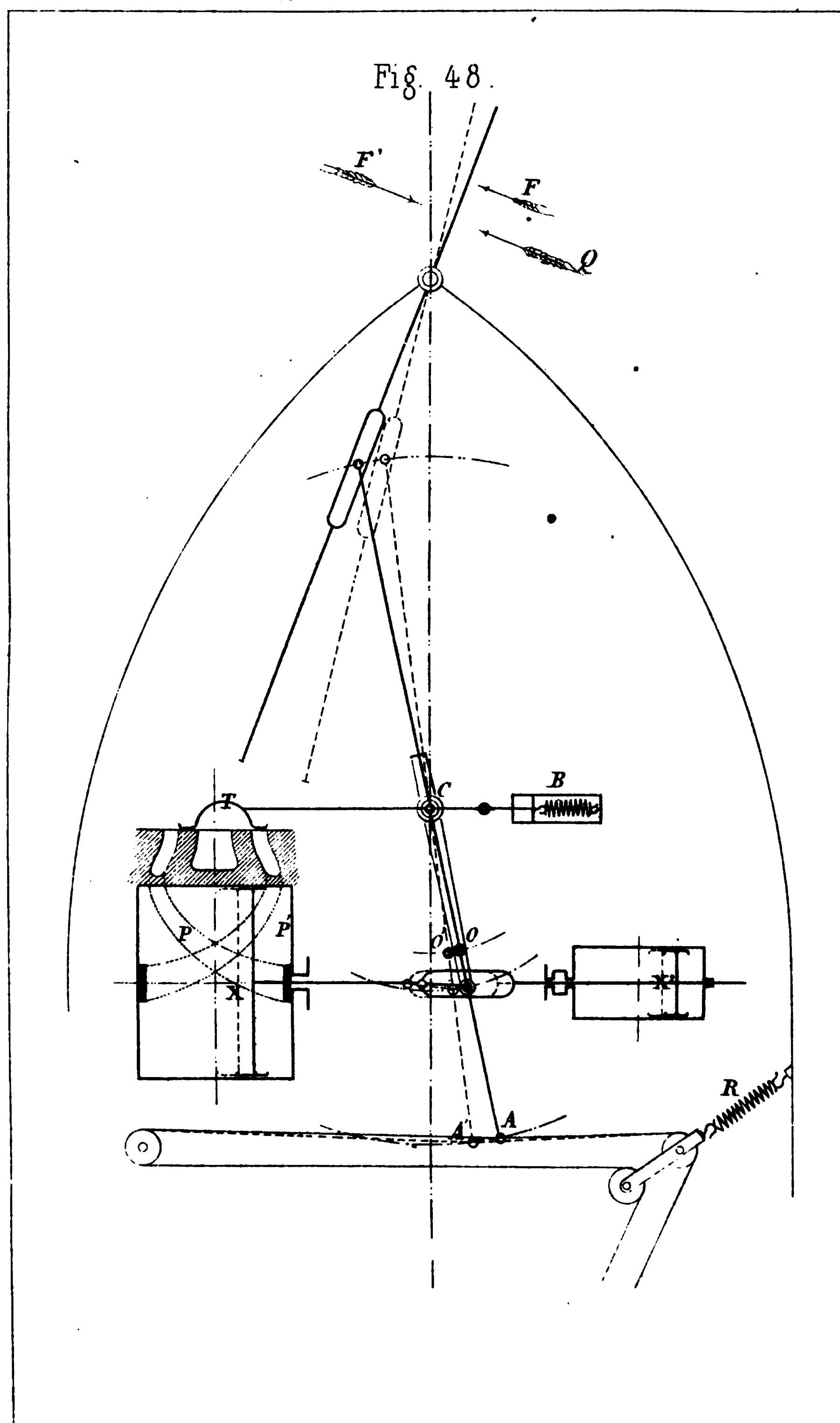
$$\omega\ (P - P') = Q = \text{résistance du gouvernail},$$

et, le tiroir T ne bougeant pas, sitôt que Q augmenterait de 100 kilogrammes, par exemple, le piston X, s'il était seul, se mettrait immédiatement en mouvement, l'équilibre étant faussé.

Mais alors, par l'effet de l'asservissement du cylindre à vapeur luttant seul, les oscillations pourraient devenir fréquentes et intenses, tandis qu'au contraire le cylindre hydraulique, ayant son tiroir à eau fermé, maintient la barre par son piston X' qui ne peut bouger qu'autant que le lui permettra la soupape d'équilibre.

D'un autre côté, la boîte à ressort de stop B a été réglée de façon que sa tension initiale soit plus grande que la somme de tous les frottements de transmission funiculaire, depuis le point *c* jusqu'au poste de commande, et par suite le point *o* transporté en *o'* par le gou-

SERVO-MOTEUR FARCOT.



Autog. Brose R. de Dunkerque, 43 à Paris.

vernail prendra appui sur le point *c* pour faire mouvoir le point A de A en A' et avec lui toute la transmission funiculaire, celle-ci offrant moins de résistance que le centre *c*, tenu en place par la boîte B.

Il suit donc de là que, pendant tout le parcours de l'angle correspondant au temps perdu laissé au volant du poste de commande, le gouvernail pourra reculer sans mouvoir le petit servo-moteur ni, par conséquent, les distributions des cylindres à vapeur et à eau.

La lame F frappant le gouvernail, et les distributions des cylindres restant en place par l'effet du jeu ou temps perdu laissé au volant de commande, le gouvernail ne trouvera pas de soutien ou de point de résistance sur le piston à vapeur puisqu'il était avant le choc en équilibre avec lui. Mais le cylindre hydraulique, lui, s'opposera à tout mouvement jusqu'à ce que la force qui agit sur le gouvernail ait constitué dans ce cylindre à eau une pression capable de lever la soupape. Comme cette soupape a été réglée préalablement pour que sa pression de levée soit bien au-dessous de la résistance que peut supporter en toute sécurité le gouvernail, il s'ensuit que quand le gouvernail commencera à fléchir il n'y aura aucun danger pour lui.

Alors il fléchira en résistant par l'effet de la charge du ressort et de la levée limitée de la soupape, entraînant avec lui les pistons à vapeur et à eau, et la transmission funiculaire jusqu'à ce que le travail du choc ait été complétement absorbé par le travail résistant que fournit le piston hydraulique en forçant son eau au travers de la soupape chargée et soulevée seulement d'une quantité qui aura été limitée à l'avance, comme nous l'avons vu, au moyen de la vis inférieure H (fig. 44).

Si le travail du choc n'est pas encore complétement détruit par la résistance du piston hydraulique quand les

dents du manchon de commande viendront toucher celles du volant à main, et que le timonier maintienne alors ce volant, les rênes du servo-moteur, agissant à ce moment, entr'ouvriront les tiroirs et introduiront de la vapeur sous le piston du grand cylindre pour aider à la résistance; le tiroir hydraulique très-peu ouvert et ayant d'ailleurs, de construction, un recouvrement plus grand que celui du cylindre à vapeur, ne laissera guère passer d'eau en cet instant, et le cylindre hydraulique conservera à peu près toute sa puissance. Le choc sera donc amorti aussi doucement ou aussi énergiquement qu'on voudra.

La flexion subie par le gouvernail et reproduite par la transmission funiculaire sera, en tout cas, exactement accusée sur le cadran de l'axiomètre devant le timonier dès qu'il aura fait reprendre au volant à main son jeu ou temps perdu dans le manchon du poste de commande.

On voit donc que tout cela s'opère automatiquement, sans que personne s'en occupe, et que l'appareil résiste sûrement et le plus possible à la lame sans mettre si peu que ce soit en danger le gouvernail.

Dans les gouvernails mus à bras d'homme on est forcé de compter avec l'intelligence de ces hommes. Quand la lame arrive, n'étant pas avertis, ils ne cèdent trop souvent que lorsqu'ils ne peuvent plus tenir, c'est-à-dire trop tard, et alors on est exposé à des accidents graves, à la perte d'un gouvernail.

Avec l'appareil servo-moteur, au contraire, on n'est plus dépendant de l'intelligence des hommes qui manœuvrent la barre, car, une fois réglé, le servo-moteur sait de lui-même, sans le secours de personne, remplir son devoir, et le timonier n'est averti du choc des lames qui frappent le gouvernail que par les oscillations de l'aiguille de son axiomètre.

Il est donc beaucoup plus sûr, par mauvais temps sur-

Fig. 49

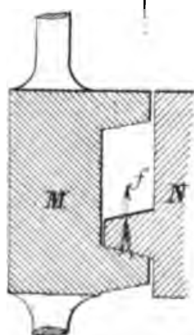


Fig 50

Autog Brosse R de Dunkerque, 43

tout, de manœuvrer la barre avec l'appareil que de se servir de la commande ordinaire par drosses et à bras d'homme.

Le raisonnement et les effets constatés seraient exactement les mêmes si la force, au lieu de frapper le gouvernail dans le sens de F, venait le frapper dans la direction F′ (fig. 48).

Deuxième cas.

La lame peut frapper le gouvernail pendant qu'il est en mouvement (fig. 49).

1° Supposons qu'il soit en train de marcher dans la direction *f*, et que la lame vienne le pousser par derrière en Q.

Le piston X recevant alors aussi le choc de la lame, sa vitesse de translation va s'accélérer, et il devancera angulairement son conducteur qui est le point A, c'est-à-dire que le point *o*, marchant avec le piston X, tournera, ainsi que le point *c* autour de ce point A, venant en *o*′, et le point *c* en *c*′, et laissant revenir au *stop* la distribution, tous les tiroirs au rappel de la boîte B.

Nous retomberons ainsi exactement dans le premier cas que nous venons d'exposer, et le manchon N du poste de commande (fig. 50), laissant derrière lui le volant M dans la main du timonier, profitera du temps perdu qu'il a devant lui.

Le point *c* devenant point fixe en *c*′, au *stop* de la boîte B, le point *o*, c'est-à-dire le gouvernail, marchera en O″ entraînant avec lui le point A en A″ et toute la transmission funiculaire de tout l'angle correspondant au temps perdu du manchon N du poste de commande, ayant pour résistance contre la lame la pression réglée à l'avance du cylindre à eau.

La flexion subie par le gouvernail sera indiquée sur le cadran de l'axiomètre par l'effet du mouvement de la transmission funiculaire et manifestée ainsi au timonier.

2° Supposons que marchant toujours dans la direction f (fig. 51), le gouvernail soit refoulé en sens contraire par une lame Q'.

A ce moment le piston X se trouve pris entre deux pressions P et P' nettes, déduction faite de la contre-pression atmosphérique, telles que leur différence (P—P') se trouve excéder la résistance de la barre d'une quantité y par exemple, qui est la force accélératrice imprimant au gouvernail sa vitesse de translation.

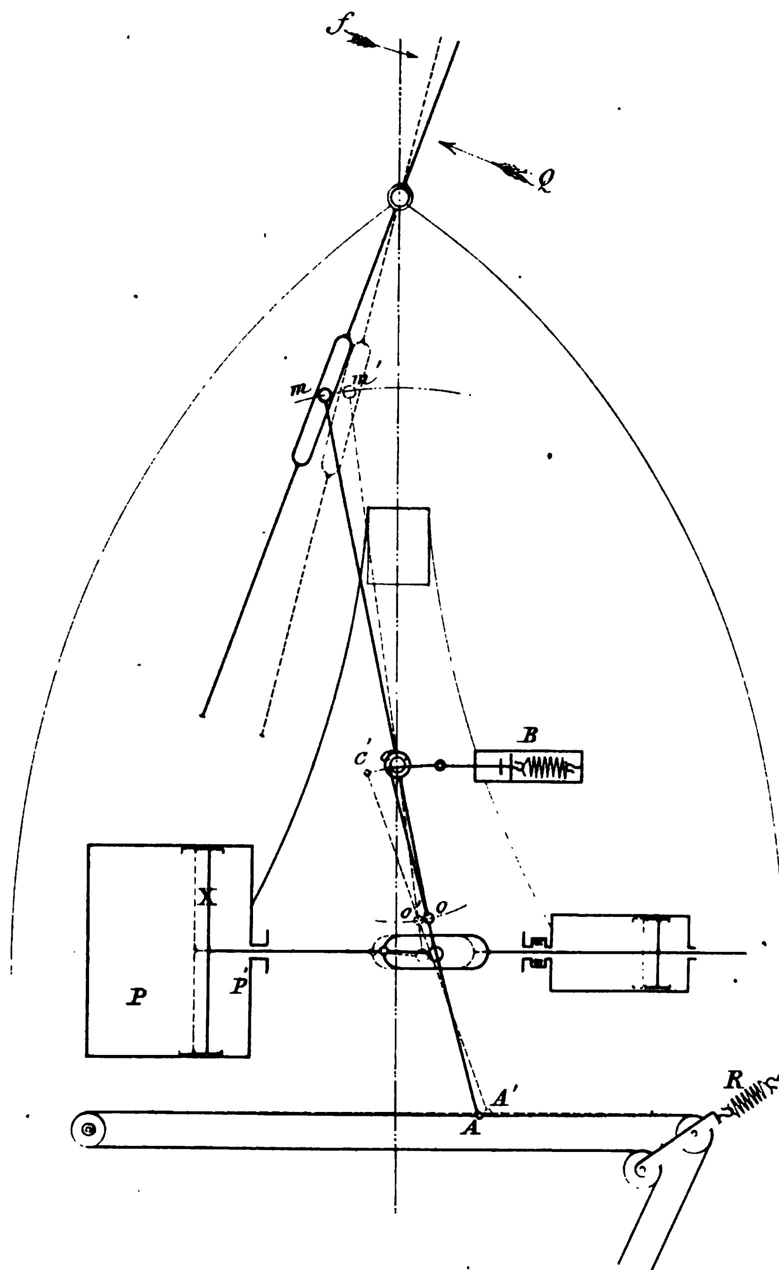
La lame Q' ne trouvera donc, au début du choc, qu'une résistance insignifiante correspondant à la force y; mais cette lame refoulant la barre, et le timonier continuant à marcher, le point o de la barre du servo-moteur s'éloignera angulairement du point A, c'est-à-dire que le point o viendra en o', A en A' entraîné par le timonier, et c en c' ; alors la distribution sera ouverte en grand et la lame trouvera sur le piston une résistance égale à

$$\omega \left(P - (P - P') \right) \doteq \omega \ P'$$

déduction faite de la contre-presssion atmosphérique; car la force ω (P — P') était presque entièrement équilibrée à l'avance par la pression de l'eau sur le gouvernail due à l'inclinaison de la barre au moment où le choc a eu lieu.

Or, en marche, avant le choc : $P' = 0$, déduction faite de la contre-pression atmosphérique quand l'échappement est notablement ouvert

et : P' peut être $= P$ quand l'échappement est complétement fermé.



Autog Broise. R. de Dunkerque. 43 à Paris

On voit donc que, en moyenne, la pression résistante s'opposant directement au choc sera égale à $\frac{P}{2}$, c'est-à-dire à la moitié de la pression maxima P de la vapeur sur le piston X, et cela quand, après le choc, la pression P′ sera par l'ouverture en grand de l'échappement devenue égale à zéro, déduction faite de la pression atmosphérique.

Pour arriver à cette pression résistante $P-(P-P')$, la barre aura parcouru : 1° à 1°,5 environ, chemin nécessaire pour faire passer le tiroir d'un de ses *stops* à l'ouverture en grand. A ce moment, si le timonier continuait à vouloir marcher dans le sens de la flèche *f*, le point A, entraîné par le point O, allongerait la transmission en allongeant le ressort R et le faisant travailler comme soupape de sûreté.

On reconnaît donc que dans le cas considéré, celui du gouvernail en mouvement, l'effort qui s'oppose au choc de la lame est une force croissante partant d'une valeur *y*, c'est-à-dire de presque *zéro*, pour arriver, après un angle parcouru de 1°,5, à avoir une valeur égale à $\omega\,(P-(P-P'))$ quantité relativement faible comparée à la résistance normale de construction du gouvernail; que ce n'est pas une force sans mesure et sans élasticité comme celle qu'opposent les timoniers au mouvement de la barre dans la commande par drosses, et qu'il y a par suite beaucoup plus de sûreté pour le gouvernail avec le servo-moteur qu'avec la manœuvre à bras d'homme.

Il est à remarquer que si le timonier, au lieu de se roidir contre la lame, laissait mollir le volant de commande, les rênes ramèneraient tous les tiroirs au *stop*, et l'on retomberait exactement dans le premier cas considéré, avec flexion du gouvernail réglée par le cylindre hydraulique.

3° Supposons le gouvernail descendant dans la direction g (fig. 49) pour revenir droit, et la lame Q′ venant le pousser par derrière, nous retombons exactement dans la première partie du deuxième cas.

4° Supposons le gouvernail descendant pour revenir droit dans la direction g (fig. 49) et la lame Q venant le frapper pour l'empêcher de se redresser, nous tombons exactement dans la deuxième partie du deuxième cas.

Nous venons de considérer tous les cas qui peuvent se présenter de coups de mer venant frapper le gouvernail, et nous avons vu avec quelle sécurité et sûreté on peut s'abandonner à l'appareil par mauvais temps; comme nous venons de le voir, le cylindre hydraulique est de toute utilité par gros temps. Nous allons exposer maintenant quels services il rend par temps calme.

§ 34. — *Fonctions du cylindre hydraulique par temps calme.*

Nous avons vu que le piston à vapeur tient le gouvernail en équilibre de telle façon que :

$\omega\,(P - P') = Q$, résistance du gouvernail.

Or par beau temps, avec la moindre houle, à chaque petite lame frappant le safran, l'équilibre se trouverait rompu, et le gouvernail subirait une série de petites oscillations introduisant ou évacuant de la vapeur à chaque instant, pour rétablir l'équilibre perdu par l'effet de la houle et se maintenir au point assigné par le timonier. Il y aurait là un grand inconvénient, savoir de dépenser, par suite de ces trépidations du servo-moteur, une quantité considérable de vapeur qu'on peut économiser.

Le cylindre hydraulique, tel qu'il est constitué, obvie

complétement à cette difficulté ; car, quand la barre est en équilibre, le tiroir se trouvant fermé et la soupape d'équilibre serrée, le gouvernail amené à une position s'y trouve fixé invariablement par le piston à eau, restant complétement insensible à toutes ces petites variations de la résistance qui s'exercent sur le safran, et cela sans dépense de vapeur.

A chaque bout du tiroir hydraulique se trouve une palette M (fig. 42), qui se meut avec le tiroir, à faible jeu, dans la gaîne qui l'emboîte. Ces palettes servent de frein hydraulique au petit servo-moteur auxiliaire pour l'empêcher d'agir trop brusquement sur les organes qu'il conduit, car nous faisons ce petit cylindre toujours beaucoup plus puissant qu'il ne faut afin d'être certains qu'il ne fera jamais défaut.

§ 35. — *Alimentation du cylindre à eau.*

Il importe, pour que le cylindre hydraulique fonctionne dans de bonnes conditions, qu'il soit constamment plein d'eau. Aussi faudra-t-il toujours avoir ses garnitures en bon état et le visiter au moins une fois par jour pour s'assurer qu'il est plein ou pour le remplir.

Dans ce but (fig. 52), une bâche O contenant de l'eau se se trouve placée au-dessus de la boîte de distribution hydraulique E et communique avec elle par un tuyau muni d'un robinet A.

Deux autres robinets C, D d'échappement d'air, avec tuyau montant au-dessus du niveau de la boîte E du tiroir à eau, sont fixés aux deux extrémités du cylindre pour faciliter l'écoulement de l'air ; un troisième robinet semblable B est placé en haut de la boîte E.

On ouvre les quatre robinets A, B, C, D, et quand l'eau jaillit par les trois robinets B, C, D on est certain que le cylindre, la boîte E et les galeries sont pleins d'eau; on ferme alors les quatre robinets, l'opération étant ainsi terminée.

On voit que c'est l'affaire d'un instant et que, profitant d'un moment où la barre est droite, on peut remplir le cylindre ou s'assurer de son plein sans arrêter la marche de l'appareil.

CHAPITRE VIII.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES ET RÉGLEMENTATION DE L'ENSEMBLE.

---

§ 36. — *Barre d'accouplement.* — *Coulisse droite, coulisse courbe.*

Nous allons maintenant donner quelques détails sur les organes que nous avons employés pour joindre la barre à l'appareil.

La résistance d'un gouvernail qui est égale à zéro quand la barre est droite, abstraction faite des frottements, croît avec l'angle de barre, tandis que la puissance de notre cylindre à vapeur reste constante puisqu'elle est toujours égale à la pression X nette, multipliée par la surface du piston (fig. 53); conséquemment, si nous nous étions amarrés directement à la barre du gouvernail, nous aurions eu besoin d'un très-gros cylindre pour vaincre la résistance de la barre à l'inclinaison qui correspond au moment maximum, et ce cylindre devenait ensuite beaucoup trop puissant dans toutes les autres positions.

SERVO-MOTEUR FARCOT.

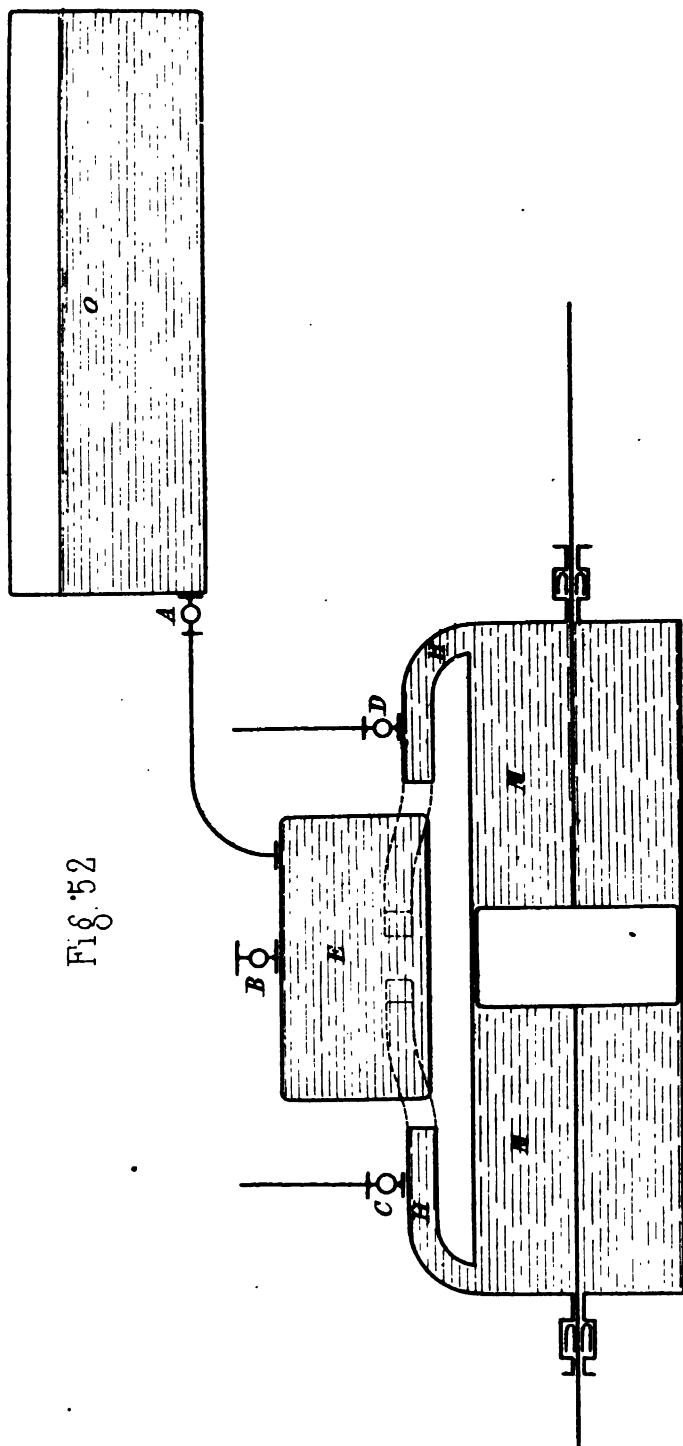
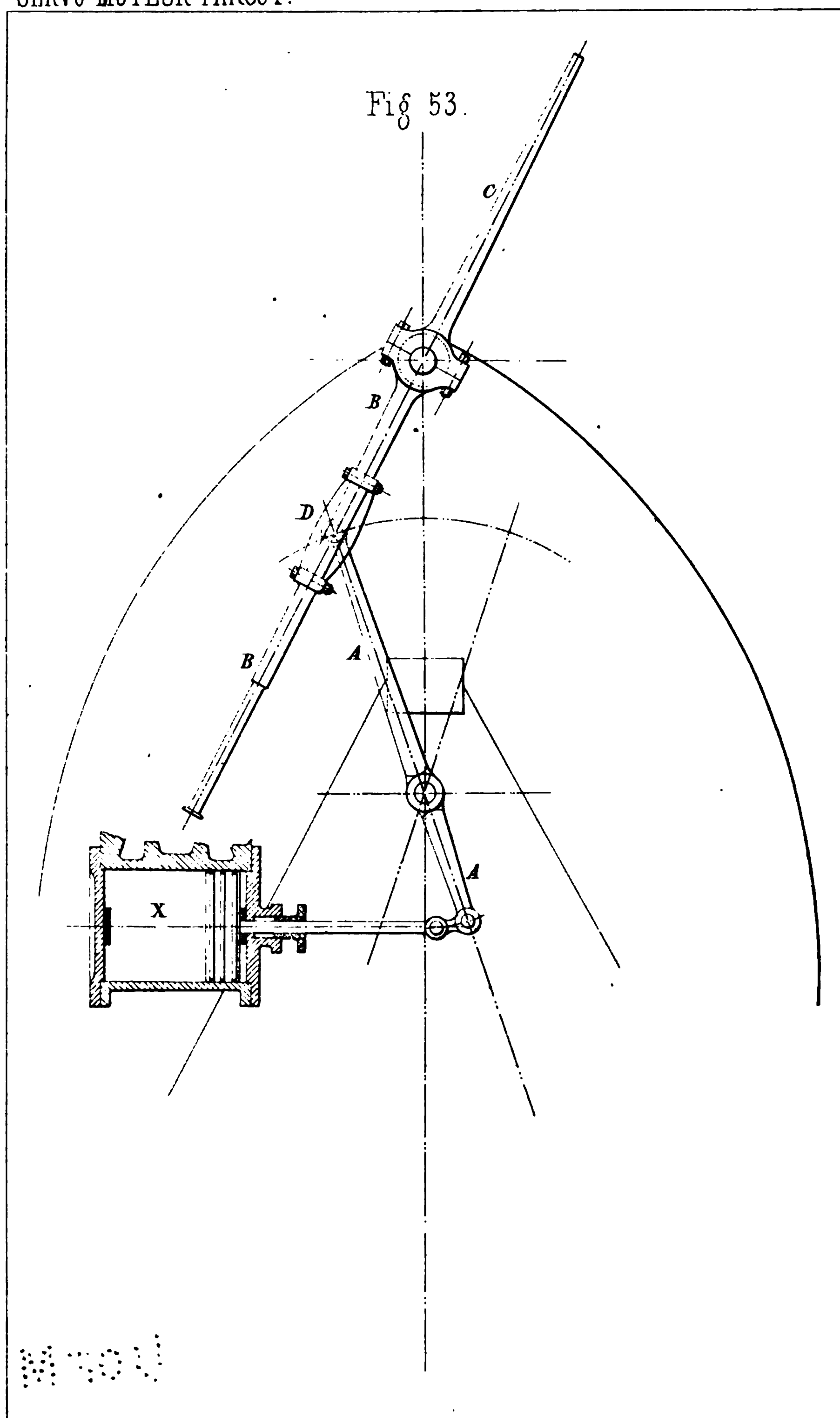


Fig. 52

Autog. Broise. R. de Dunkerque, 43 à Paris.



Autog. Breise R. de Dunkerque 43 à Paris

Aussi avons-nous adopté (fig. 53) une barre d'accouplement A, employée antérieurement par la marine française sur plusieurs frégates, et servant d'intermédiaire entre l'appareil et la barre B du gouvernail C; nous avons fait de cette barre A le balancier du servo-moteur. Par son moyen on fait croître le moment d'action du cylindre à vapeur et décroître relativement celui de la résistance à mesure que celui-ci augmente naturellement d'intensité avec l'amplitude de l'angle de barre.

Pour les quatre gardes-côtes cuirassés de la marine française, *Cerbère, Bélier, Bouledogue, Tigre,* sur lesquels nous avons installé de nos appareils, nous avons approximativement calculé la résistance du gouvernail en chaque angle de barre, d'après la formule donnée par le *Dictionnaire de mathématiques appliquées* de M. Sonnet, au mot *gouvernail*

$$F = \frac{K \pi A V^2 \sin^2 (i + \theta)}{2 g}$$

Dans laquelle :

F = Résistance normale du fluide au centre de gravité du gouvernail.
θ = Angle de dérive du bâtiment.
V = Vitesse du bâtiment.
π = Poids du mètre cube d'eau.
A = Aire du gouvernail.
i = Angle d'inclinaison du gouvernail.
K = Coefficient de la résistance des fluides = 1,5, d'après M. Sonnet.

Supposant :

La vitesse maxima du bâtiment = 12 nœuds,
L'angle de barre maximum = 35°,
Et ayant déterminé ainsi pour chaque angle de barre,

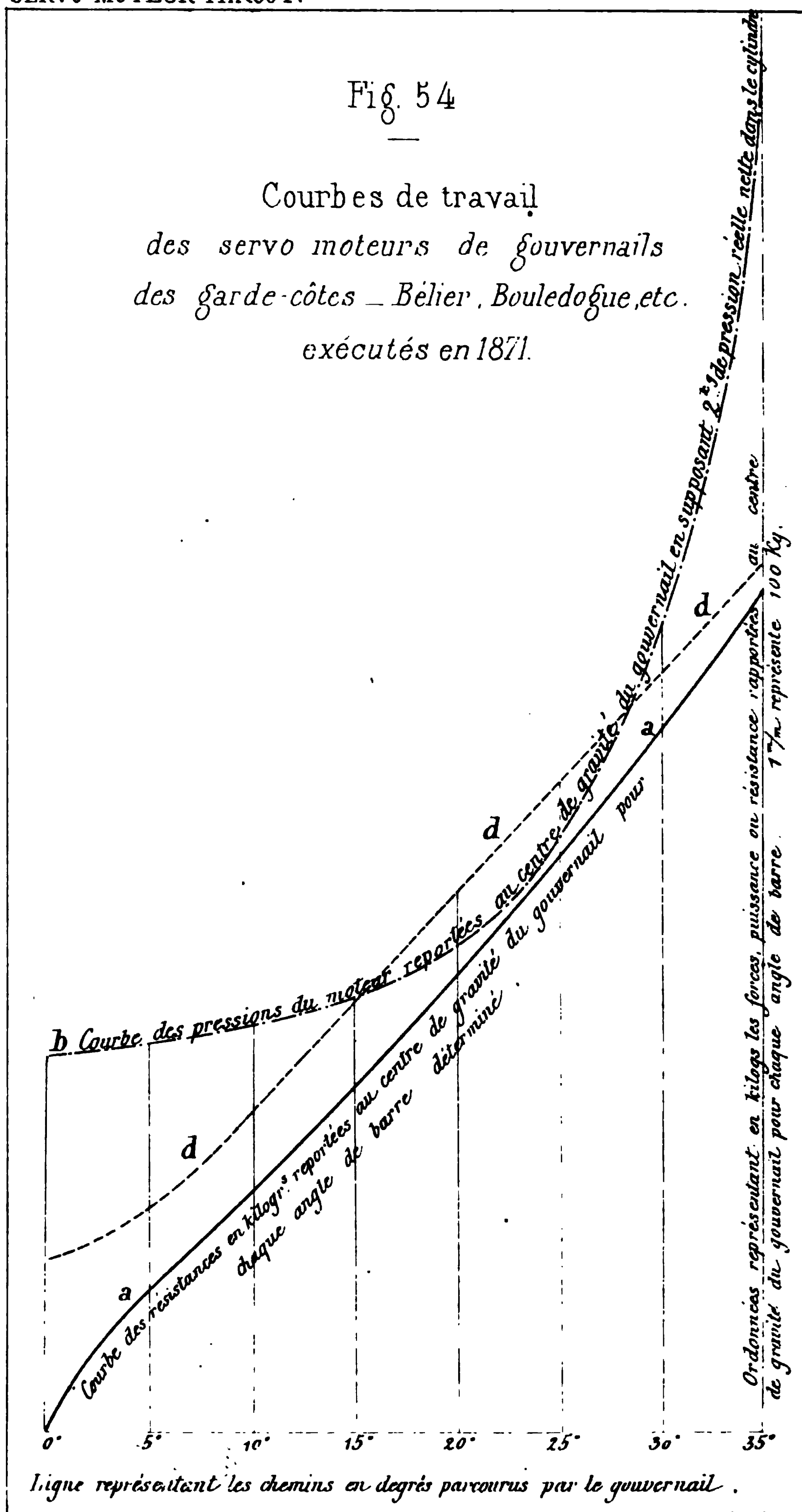
la valeur en kilogrammes de la pression du cylindre à vapeur reportée au centre de gravité du gouvernail, nous avons établi les courbes du travail résistant du gouvernail comme l'indique la figure 54.

La courbe *b* étant celle des forces motrices transportées au centre de gravité du gouvernail pour chaque angle de barre, et celle *a* étant la courbe des résistances agissant au même point (abstraction faite des frottements), on voit que de 0° à 15° le cylindre est beaucoup trop puissant, que de 15° à 30° il est dans de bonnes conditions, et que de 30° à 35° la puissance croît très-sensiblement par rapport à la résistance et devient encore en cet angle maximum, 35°, beaucoup trop forte.

On reconnaîtra facilement que le point délicat à passer est celui où l'angle de barre = 23°, où la courbe *b* est presque tangente à celle *a*; aussi est-ce pour cette position que nous avons calculé le cylindre de l'appareil.

On voit qu'on a encore des points où le cylindre est beaucoup plus puissant qu'il ne faudrait, tandis que dans d'autres il n'est que juste suffisant, ce qui prouve que ce mode de transmission laisse encore à désirer. Aussi avions-nous cherché et étudié le moyen d'effectuer le travail avec le plus petit cylindre possible, comme nous allons l'exposer; mais les complications que ce perfectionnement occasionnait dans la transmission, qui doit être aussi simple que possible, nous ont fait renoncer à sa mise en exécution.

La transmission reliant le cylindre à la barre dans les meilleures conditions possibles serait celle qui donnerait une courbe de travail comme celle *d d* sur la figure 54, car elle est presque parallèle à la courbe de résistance, conservant ainsi toujours sur celle-ci, approximativement, la même différence ou force accélératrice. Nous nous sommes donc donné cette courbe dans notre étude



Autog. Brouse. R. de Dunkerque, 43.

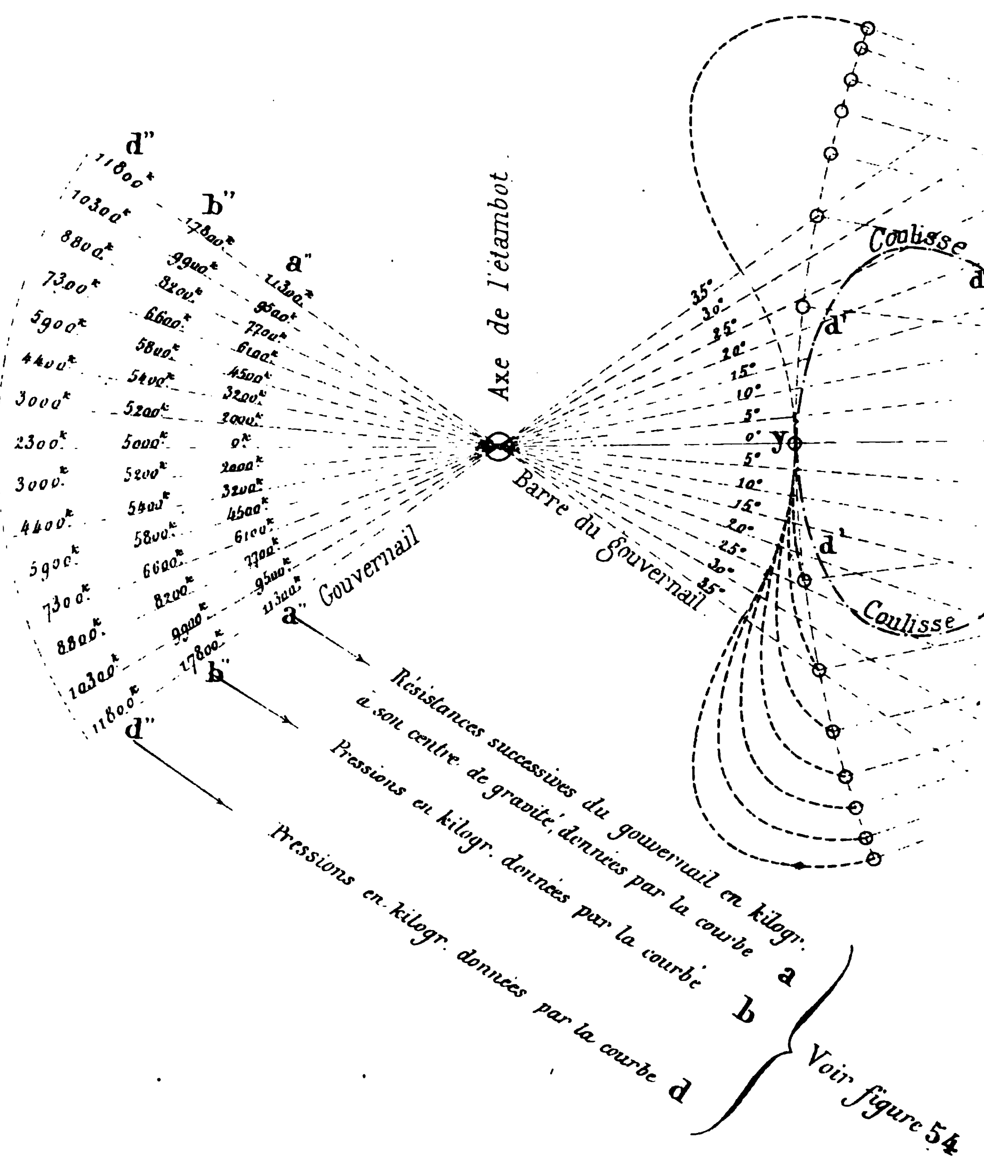
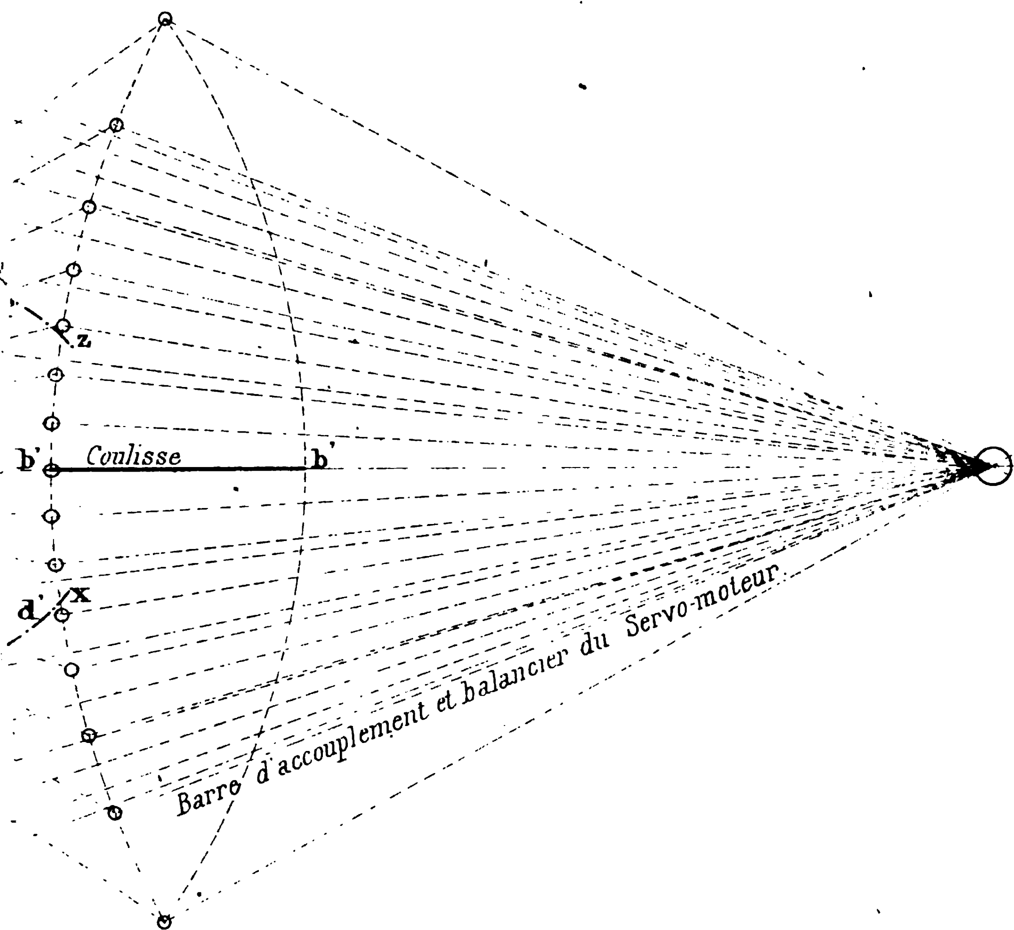

d"
11800k
10300k
8800k
7300k
5900k
4400k
3000k
2300k
3000k
4400k
5900k
7300k
8800k
10300k
11800k
d"
b"
17800k
9900k
8200k
6600k
5800k
5400k
5200k
5000k
5200k
5400k
5800k
6600k
8200k
9900k
17800k
b"
a"
11300k
9500k
7700k
6100k
4500k
3200k
2000k
0k
2000k
3200k
4500k
6100k
7700k
9500k
11300k
a"
Gouvernail
Axe de l'étambot
Barre du gouvernail
35°
30°
25°
20°
15°
10°
5°
0°
y
5°
10°
15°
20°
25°
30°
35°
Coulisse
Coulisse
d
d'
d'
Résistances successives du gouvernail en kilogr. à son centre de gravité, données par la courbe a
Pressions en kilogr. données par la courbe b
Pressions en kilogr. données par la courbe d
Voir figure 54

Fig. 55.



Autog. Broise R. de Dunkerque, 43. à Paris.

de recherche, comme étant celle supposée des pressions motrices reportées au centre de gravité du gouvernail, et nous en avons déduit graphiquement la forme qu'il aurait fallu donner à la coulisse D, dans laquelle glisse le maneton de la barre d'accouplement A (fig. 53).

Le tracé courbe *d' d'* ou *x*, *y*, *z* (fig. 55) représente la forme de l'axe courbe de la coulisse ou directrice double qu'il faudrait adopter pour obtenir au centre de gravité du gouvernail les pressions successives inscrites en *d''* sur la figure 54, qui sont celles correspondantes à la courbe de travail *d d* (fig. 54) que nous nous étions donnée.

La ligne *b' b'* représente l'axe de la coulisse ou directrice droite que nous avons conservée et les pressions successives inscrites en *b''* sur la figure 55 sont celles correspondantes à la courbe de travail *b* (fig. 54), données par cette coulisse.

Les chiffres inscrits en *a''* (fig. 55) indiquent les pressions ou résistances successives de la courbe de résistance *a* (fig. 54), données par la formule de Sonnet.

Le tracé *x y z* (fig. 55) représente donc bien la forme courbe et fourchue qu'il faudrait donner à la coulisse pour obtenir la réalisation de la loi ou courbe de puissance *d* (fig. 54), que nous nous étions donnée.

On voit que :

1° Il deviendrait difficile de fixer solidement une pareille coulisse sous la barre du gouvernail ;

2° Que cette coulisse exige à la barre d'accouplement un maneton à galet qui, à la longue, pourrait finir par ferrailler et produire mauvais effet ;

3° Qu'il était presque impossible, en raison de l'arrière étroit des bâtiments, de faire parcourir 35° à cette coulisse sans couper une partie de la membrure, ce qu'il faut absolument éviter.

C'est pour ces considérations que nous avons renoncé, au moins actuellement, à cette solution, et que nous nous sommes contentés de l'emploi de la coulisse rectiligne.

§ 37. — *Cas où la transmission funiculaire serait avariée.*

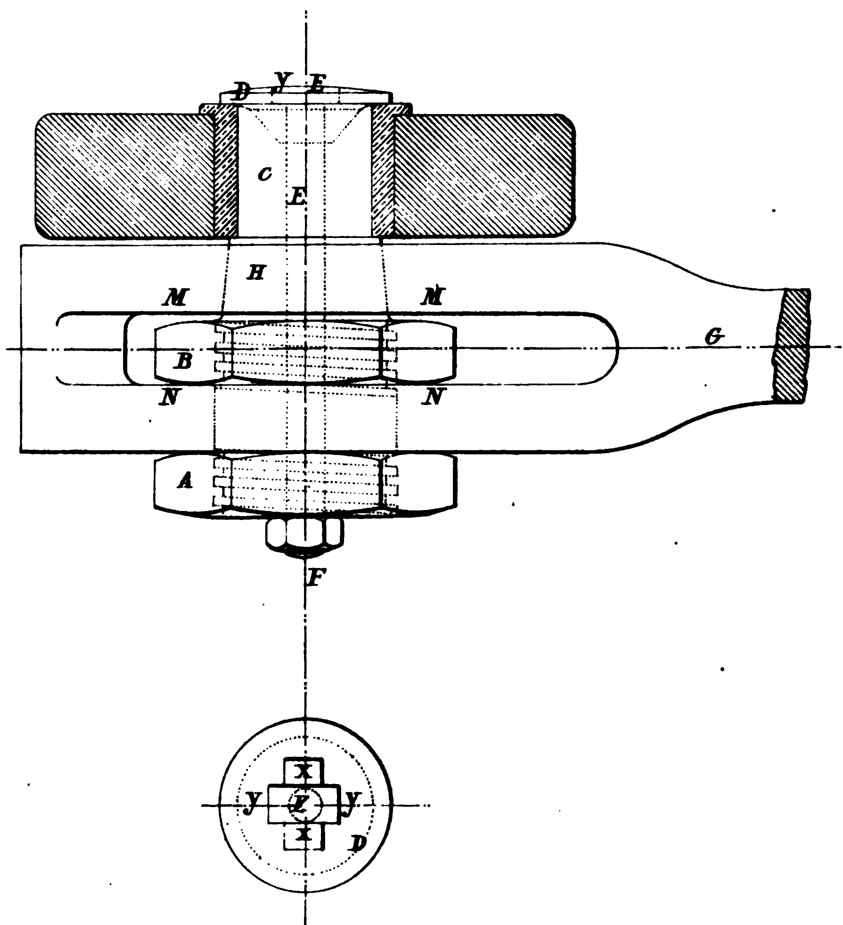
Bien que toute la longueur de cette transmission qui va rejoindre le poste de combat pour la conduite de l'appareil soit logée dans la partie blindée du bâtiment, et qu'elle soit ainsi à l'abri des coups de l'ennemi, supposons qu'un accident quelconque survienne, et que, par suite, on ne puisse plus se servir de cette transmission funiculaire.

Dans ce cas, il suffirait de décrocher le ressort tendeur D (fig. 46) ou R (fig. 48, 49, 51) de cette transmission et d'agir comme si elle n'existait pas, c'est-à-dire de commander le gouvernail dans la chambre même de l'appareil, en prenant en main le balancier des rênes du grand cylindre à l'extrémité duquel sont amarrés les fils de la transmission. On voit que, sans arrêter les mouvements dans un cas pressant, on pourrait ainsi continuer à gouverner le navire suivant les commandements transmis par le porte-voix.

§ 38. — *Cas où un accident quelconque arriverait à l'appareil. — Déclenchement immédiat de la barre; on peut le faire instantané.*

Dans le cas où, pour une cause quelconque, un accident arriverait à l'appareil et empêcherait momentanément de s'en servir, il faudrait rétablir la commande par drosses; nous avons, dans cette prévision, disposé le

Fig. 56



Autog. Broise. R. de Dunkerque 13 à Paris.

maneton reliant la barre d'accouplement à la barre du gouvernail, de façon qu'il puisse être déclenché immédiatement et très-rapidement.

La barre d'accouplement est terminée par une fourchette G (fig. 56), dans laquelle s'emmanche le maneton C, dont l'encastrement se constitue au moyen de la partie conique H serrée à bloc par l'écrou B, s'appuyant sur la face N, et qui lui-même est muni d'un contre-écrou A. L'embase supérieure D du maneton est mobile et fixée au maneton au moyen d'un tirant E, à tête rectangulaire.

Pour déclencher l'appareil, on donne un coup de clef à l'écrou F, et l'on fait passer l'embase *y* du boulon E dans la mortaise X de la rondelle D, en lui faisant faire un quart de tour; puis un coup de clef sur l'écrou B le fait porter après un demi-tour sur la surface M de la chappe, et force le maneton H à se décoller.

Alors, les écrous étant très-libres, on leur fait faire à la main les quatre ou cinq tours nécessaires pour les dévisser et le maneton tombe; l'appareil se trouve ainsi déclenché. Pendant le même temps un homme a remis le verrou reliant le chariot des drosses au chariot fixe de la barre du gouvernail.

De cette façon, en moins de 2 à 3 minutes, on se trouve prêt à remarcher avec les drosses.

En des circonstances graves, on pourrait laisser les drosses amarrées à la barre, ce qui éviterait, en cas d'accident, de perdre le temps qu'il faut pour les rattacher. Il suffirait, dans ce cas, d'établir au-dessus de l'appareil un filet pour que le mou des drosses ne les fasse pas tomber sur les pièces en mouvement et de placer à l'endroit où ces cordages traversent les ponts, des galets de roulement, pour éviter que, par leur frottement, ils ne se détruisent rapidement.

§ 39. — *Étude ultérieure d'un déclenchement instantané de la barre.*

Cette question de déclenchement rapide étant une particularité des plus importantes dans un combat, nous allons étudier, pour les prochains appareils que nous aurons à installer, un système de déclenchement qu'on puisse effectuer par un simple coup de marteau en faisant sauter une clavette et séparant ainsi le gouvernail de l'appareil. Alors la manœuvre ne sera plus du tout interrompue; pendant le temps que les timoniers courront à la roue du gouvernail, le coup de marteau sera donné et le gouvernail rendu à la commande des drosses.

On voit que nous n'avons rien négligé pour rendre l'appareil aussi complet que possible et donner au navigateur qui n'y aurait pas tout d'abord une entière confiance, dans les premiers moments du service, l'appareil n'ayant pas encore reçu à ses yeux la sanction du temps, toutes les garanties possibles, afin qu'il n'ait aucune crainte de se compromettre en l'employant, sachant que, instantanément, il peut déclencher l'appareil et revenir à sa commande habituelle par drosses.

§ 40. — *Résultats constatés. — Applications ultérieures désirables et nécessaires.*

Sur les quatre appareils que nous avons installés à bord des gardes-côtes cuirassés *Cerbère*, *Bélier*, *Bouledogue* et *Tigre*, les deux premiers ont déjà été essayés devant des commissions de la marine de l'État et ont donné tous les résultats que l'on en attendait; on pourra s'en

rendre compte en consultant les rapports officiels faits sur ces expériences.

On y a reconnu que ces appareils réalisent la plus grande précision et rapidité d'action. Ainsi un homme, avec de très-faibles efforts exercés sur le volant du poste de commande, fait passer la barre de la position 35° d'un bord, à barre toute, ou 35° de l'autre bord, le bâtiment marchant à toute vitesse, en moins de 10″, alors qu'en mettant dans les mêmes conditions huit hommes aux roues à gouverner par les drosses, ils ont beaucoup de mal à effectuer ce parcours de barre (70°) en 3 à 4′.

On comprendra donc facilement tout l'avantage qu'on peut tirer de l'application de ces appareils sur tous les vaisseaux de guerre à éperon, qui seront d'autant plus redoutables que leurs évolutions seront plus rapides et faciles ; car il est évident que, dans une bataille navale, le résultat de l'engagement sera à l'avantage de celui qui pourra le plus facilement porter des coups à son adversaire, en parant les siens, c'est-à-dire à celui qui évoluera le plus rapidement.

L'application de l'appareil nouveau serait aussi très-utile sur les grands transports, afin d'éviter ces abordages fréquents, dont on voit encore malheureusement trop d'exemples.

§ 41. — *Réglementation pratique de l'appareil.*

Nous allons terminer cet ouvrage par l'exposé des moyens pratiques et de la méthode de réglementation que les mécaniciens devront employer pour s'assurer si l'appareil est réglé dans de bonnes conditions.

On devra procéder aux constatations suivantes :

1° *Vérification des boîtes à ressort des* stops.

S'assurer que les boîtes à ressort sont bien réglées et, pour cela, détacher les bielles *i* et *s* indiquées à la figure 40. Les boîtes à ressort étant ainsi toutes deux abandonnées à elles-mêmes, il ne doit exister aucun jeu ou temps perdu pour chacune d'elles, entre l'écrou F, le châssis *m* et la buttée B″ (voir fig. 37), entre l'écrou E et la buttée B′, et entre l'écrou *g*, la bride *o* et le châssis *n*; alors chaque boîte à ressort a son *stop* bien déterminé.

2° *Vérification et réglementation des tiroirs à la position de barre droite.*

Mettre la vapeur dans les deux cylindres à vapeur; puis, quand le grand cylindre est bien chaud ainsi que sa distribution, car il faut le plus possible régler à chaud pour éviter les erreurs dues aux dilitations, fermer la vapeur sur le grand cylindre seulement, et démonter rapidement le couvercle de sa boîte à vapeur afin de voir son tiroir.

Alors le petit servo-moteur étant toujours en communication avec la vapeur, afin de pouvoir manœuvrer les distributions et aussi de maintenir autant que possible la chaleur de l'ensemble, il faut pouvoir constater exactement les points suivants :

1° En calant le chariot *c* (fig. 40) au milieu de sa course entre les buttées P Q, au moyen de deux cales bien égales et de même épaisseur, la barre étant bien droite, le centre V du bout du balancier *m* doit se trouver parfaitement à l'aplomb du centre de la barre d'accouplement K (fig. 40).

2° Le piston du petit servo-moteur J doit être au

milieu de sa course, on s'en rendra compte au moyen des repères faits extérieurement sur les tiges du piston.

3° Le tiroir du grand cylindre devra se trouver exactement au milieu de sa course, c'est-à-dire en T comme l'indique la figure 36 ou la figure 43.

4° La manivelle Q (fig. 43) commandant le tiroir à eau doit se trouver dans l'axe de P Q en Q, comme l'indique la figure 43, et le tiroir à eau doit être ouvert de 14 à 16 millimètres et se trouver dans la position N (fig. 43). On devra se rendre compte de cette position du tiroir à eau extérieurement par le levier P au moyen de repères faits à l'avance sur le cylindre.

3° *Vérification et réglementation en position fixe de barre inclinée.*

Amener la barre au moyen d'un palan à un angle quelconque d'un bord, et

1° S'assurer, pendant qu'on fait mouvoir la barre, que le ressort B (fig. 41) est suffisamment tendu pour que, sitôt que le point H vient à marcher avecla barre, *le balancier F se transporte bien parallèlement à lui-même,* entraînant le chariot *c* jusqu'à ce que ce chariot vienne s'appliquer serré contre la buttée P ou Q.

Si cela n'avait pas lieu, il faudrait tendre le ressort B (fig. 41) par l'écrou F (fig. 37), jusqu'à ce que l'entraînement du chariot *c* ait bien lieu dès que le point H se met en mouvement.

2° Examiner ensuite si, une fois que le chariot *c* butte contre le taquet P par exemple, toute la transmission funiculaire et le poste de commande sont bien entraînés par le point fixe X (fig. 41) appartenant à la barre K′ du servo-moteur, en tournant autour du point V′, qui ne doit pas bouger, devenant point fixe par le fait de la boîte à

ressorts de *stop* A. Ou, réciproquement, il faut que, quand on manœuvre le grand tiroir par le volant du poste de commande et qu'on abandonne ce volant à lui-même, le ressort de la boîte A soit suffisamment tendu pour revenir sûrement à son *stop* entraînant avec lui toute la transmission funiculaire.

Si cela n'avait pas lieu, on devrait tendre le ressort de la boîte A jusqu'à ce que ce point V′ ne bouge plus.

3° Alors, le tiroir du grand cylindre, figure 41, devra être à son stop T′, c'est-à-dire recouvrant un des orifices complétement, avec les recouvrements partagés, et l'autre orifice étant complétement ouvert.

S'il n'en était pas ainsi, ce serait parce que les articulations des rênes du petit servo-moteur auraient pris à la longue trop de jeu, et que la position de son piston ne serait plus rigoureusement déterminée par ces rênes. Il suffirait, pour remédier à cet état de choses, de remplacer une ou deux bagues usées.

4° Le tiroir à eau devra se trouver dans la position de N′ (fig. 43), c'est-à-dire recouvrant exactement les orifices du cylindre hydraulique avec recouvrements partagés. On devra s'en assurer au moyen de repères extérieurs.

5° On devra s'assurer aussi que la chaîne X, fig. 45, est assez longue pour que le levier *c*, étant à sa position extrême *c′*, elle ne puisse pas tirer sur le levier K et déclencher le cliquet.

Telle est, en résumé, la visite d'ensemble et de détail qu'il faut faire subir à l'appareil avant la première mise en marche, et qu'il faudrait répéter, si quelque chose d'anormal se présentait dans son fonctionnement. Une fois qu'on a tout réglé pour que les positions relatives

de tous les organes soient bien conformes à ce que nous venons d'indiquer, l'appareil doit fonctionner dans les meilleures conditions.

Nous donnons à la fin de cette brochure quatre planches complètes des appareils que nous avons installés à bord des gardes-côtes *Bélier, Bouledogue* et *Tigre*, avec leurs transmissions, et nous y joignons une légende descriptive.

§ 42. — *Conclusions.*

Le servo-moteur, appliqué à la manœuvre des gouvernails et constitué en appareil complet tel que nous venons de le décrire, réalise donc, pour le combat surtout, tous les résultats et les avantages désirables :

1° *Précision inconnue jusqu'à présent.*

2° *Rapidité d'action aussi grande que l'on voudra, instantanéité même.*

3° *Sûreté complète* en raison de la *flexion sous les coups de mer, graduée, réglée à l'avance, et à volonté, selon l'état de la mer.*

Cette flexion de sécurité est obtenue sûrement, et avec précision aussi, tandis que dans les appareils à drosses on ne peut la réaliser que trop tôt ou trop tard, selon la force, le nombre et l'intelligence des hommes, et que, dans les systèmes divers, treuils à vapeur, par exemple, employés sur certains monitors anglais de récente construction, la flexion ne peut être obtenue, n'étant pas prévue, si ce n'est peut-être par l'extension problématique des chaînes, et le gouvernail est réellement en danger.

Néanmoins on pourra certainement, dans certaines installations, pour navires de commerce, par exemple, employer simplement des drosses ou des chaînes mues par des treuils servo-moteurs à vapeur agissant avec une précision bien autrement grande que celle des treuils ordinaires, et modifier dans ce sens, en paraissant le simplifier, l'appareil direct et complet que nous venons de décrire; on constituera encore ainsi de très-bons appareils de gouvernails.

Mais il ne faut pas perdre de vue que, pour un combat à l'éperon surtout, la victoire doit appartenir au plus agile, au navire le plus prompt dans ses évolutions, et que ce serait assumer, pour de pareilles circonstances, une responsabilité bien grave que de négliger ce point de vue, le plus important évidemment de tous, dans la construction des monitors, gardes-côtes, ou vaisseaux cuirassés divers à éperon.

A tous ces avantages, le gouvernail à vapeur, tel que nous le constituons, joint encore celui de l'économie de vapeur la plus grande possible, qui, bien que peu important relativement, ne laisse pas que d'être sérieux; car il répond à des objections que l'on a souvent présentées contre l'emploi des gouvernails à vapeur, et il complète de la manière la plus satisfaisante, ainsi que nous l'avons montré, l'ensemble de la solution nouvelle pour le problème complexe du gouvernement d'un navire par moteur à vapeur.

L'absence de ce dernier résultat eût été une lacune très-regrettable dans cette solution générale.

On voit, par la description que nous venons de faire de notre gouvernail à vapeur, quelles sont la puissance et la précision d'action du servo-moteur, quels résultats l'on doit tirer de ce nouvel engin. Les applications ulté-

rieures diverses que l'on en fera démontreront encore davantage et progressivement la fécondité des principes constitutifs si simples que nous avons découverts et posés tout d'abord; c'est pourquoi nous avons cru devoir exposer de la façon la plus générale, dans les premiers chapitres de cet ouvrage, tout ce qui concerne les principes et les diverses variantes connues, en rappelant que les variantes possibles sont en nombre indéfini.

Chacun pourra, dans cet exposé général, trouver l'explication et la base des applications ultérieures diverses qu'il rencontrera ou étudiera dans des constrution mécaniques quelconques.

Lorsque, au contraire, il ne s'agira, pour le lecteur, que de se mettre bien au courant de l'application spéciale du servo-moteur à la manœuvre des gouvernails, il pourra lui suffire de bien lire les derniers chapitres et surtout ce qui concerne la réglementation de l'ensemble.

Saint-Ouen, février 1873.

Joseph FARCOT.

LÉGENDE EXPLICATIVE

des 4 planches A. B. C. D.

---

a Cylindre servo-moteur à vapeur actionnant la barre.

a_1 Regard permettant de visiter le cylindre.

a_2 Piston du cylindre moteur *a*.

a_3 Tige du piston du cylindre moteur *a*.

a_4 Boîte de distribution de la vapeur du cylindre *a*.

a_5 a_5 Galeries reliant le cylindre *a* à la boîte a_4.

a_6 Galerie d'échappement de la vapeur dans l'atmosphère.

a_7 Galerie d'arrivée de la vapeur de la chaudière.

b Tiroir de distribution du cylindre *a*.

b_1 Tige reliant le tiroir *b* au petit servo-moteur *c*.

c Petit servo-moteur à vapeur actionnant le tiroir *b*.

c_1 Piston du petit cylindre *c*.

c_2 Tige du piston c_1.

c_3 Manchon reliant la tige c_2 au tiroir *b*.

c_4 Tête de la tige du piston c_2 portant le centre d'oscillation f_1 de l'équerre *f*.

c_5 c_5 Directrices de la tête du piston c_4.

c_6 Boîte de distribution de la vapeur du petit moteur *c*.

d Balancier des rênes du grand moteur *a*.

d_1 Centre d'oscillation du balancier *d* fixé sur la barre d'accouplement *m* de l'appareil.

d_2 Point du balancier *d* où sont attachées les deux extrémités du circuit funiculaire (transmission funiculaire).

d_3 Extrémité du balancier *d* se trouvant dans l'axe vertical de la barre *m*, et reliée d'un côté à la petite boîte à ressort *j* et de l'autre aux rênes du petit moteur *c*.

d_4 Buttées limitant la course du balancier *d* au tour du centre d_1 et, par suite, la course du tiroir *b*.

f Équerre d'asservissement du petit servo-moteur c.

f_1 Centre d'oscillation de cette équerre f, fixé sur la tête c_4.

f_2 Balancier servant d'intermédiaire entre le balancier d et l'équerre f.

f_3 Support point fixe du balancier f_2 pris sur le bâti r.

f_4 Bielle reliant le balancier d à celui f_2.

f_5 Bielle reliant le balancier f_2 à l'équerre f.

f_6 Levier calé sur l'arbre intérieur qui commande le tiroir du petit moteur c et recevant le mouvement de l'équerre f.

f_7 Buttée limitant la course du levier f_6 et par suite celle du tiroir du petit moteur c.

g Chariot de déplacement des stops du tiroir b.

g_1 Support fixé au bâti r sur lequel coulisse le chariot g, et portant les buttées $g_2\,g_2$ de ce chariot.

$g_2\,g_2$ Buttées du chariot g.

j Boîte à ressort de stop du tiroir du petit moteur c.

j_1 Bielle reliant la boîte j à l'extrémité d_3 du balancier d et à la bielle f_4.

k Boîte à ressort de stop déterminant avec les buttées $g_2\,g_2$ la position exacte du chariot g et par suite les stops du tiroir b.

k_1 Levier commandant le chariot g.

k_2 Point fixe d'oscillation de ce balancier pris sur le chariot g.

k_3 Chappe reliant la boîte à ressort k au balancier k_1.

k_4 Attache du levier k_1 sur la barre d'accouplement ou balancier principal m.

l Balancier origine de la commande du tiroir à eau.

l_1 Support fixé sur le bâti et servant d'axe au balancier l.

l_2 Attache du balancier l à la tête du piston c_4 du petit moteur.

l_3 Tige à glissement reliant le balancier l à la crémaillère l_4.

l_4 Gaîne à crémaillère dans laquelle peut glisser la tige l_3.

l_5 Verrou à ressort et à plan incliné reliant la tige l_3 à la crémaillère l_4.

l_6 Pignon recevant le mouvement du petit Servo-Moteur c par l'intermédiaire de la crémaillère l_4 et du balancier l.

l_7 Galet empêchant la crémaillère de se désengrener.

l_8 Arbre transmettant le mouvement du pignon l_6 à la manivelle l_9.

l_9 Manivelle commandant le tiroir à eau.

l_{10} Levier extérieur de commande du tiroir à eau.

l_{11} Bielle reliant le levier l_{10} à la manivelle l_9.

l_{12} Doigt intérieur manœuvrant le tiroir à eau.

n Tiroir à eau, équilibré, manœuvré par le petit moteur c et ouvrant ou fermant à la fois les quatre orifices $n_1 n_1 n_1 n_1$.

$n_1 n_1 n_1 n_1$ Galeries et orifices mettant les deux côtés du cylindre à eau en communication avec la boîte à eau n_2.

n_2 Boîte de distribution d'eau.

n_3 Tuyau de remplissage du cylindre à eau.

$n_4 n_4$ Tuyaux mettant les deux côtés du piston à eau en communication avec la soupape d'équilibre.

$n_5 n_5$ Tuyaux alimentant les garnitures.

$n_6 n_6$ Robinets de sortie d'air pour le remplissage du cylindre hydraulique.

$n_7 n_7$ Chariot de roulement du tiroir à eau.

$n_8 n_8$ Palettes servant de frein au petit moteur

o Cylindre hydraulique.

o_1 Piston du cylindre hydraulique.

o_2 Tige du piston à eau o_1.

o_3 Plongeur compensant le volume de la tige o_2.

$o_4 o_4$ Trous pour la vidange du cylindre à eau.

p Soupape d'équilibre ou régulateur de flexion.

p_1 Cliquet de déclenchement de la soupape.

p_2 Point fixe pris sur la tige à glissement l_3.

p_3 Galet de renvoi de la chaîne p_4 fixé sur la crémaillère l_4.

p_4 Chaîne commandant le cliquet p_1 de déclenchement de la soupape p.

p_5 Contre-poids fixé à la chaîne p_4 entre le galet p_3 et le cliquet p_1 afin d'embraquer toujours le mou de la chaîne p_4 en cet endroit.

m Barre d'accouplement ou balancier principal du Servo-Moteur reliant l'appareil à la barre d'armement m_1.

m_1 Barre du gouvernail.

m_2 Glissière fixée à la barre m_1 dans lesquelles glisse le maneton m_3 de la barre m.

m_3 Maneton reliant la barre m à celle m_1.

m_4 Bride reliant les deux tiges a_3, o_2 et la barre m.

m_5 Bielle reliant la barre m à la bride m_4.

$m_6 m_6$ Glissières directrices du mouvement rectiligne des deux tiges de piston s a_3 et o_2.

$m_7\ m_7$ Coulisseaux.

m_8 Arbre sur lequel est calée la barre d'accouplement m.

m_9 Crapaudine de l'arbre m_8.

m_{10} Gouvernail que l'appareil doit manœuvrer.

$r\ r\ r$ Bâti général de l'appareil fixé au bâtiment.

$s\ s\ s$ Circuit ou transmission funiculaire.

$s_1\ s_1$ Poulies fixées au bâtiment pour les différents renvois des chaînes de la transmission funiculaire.

$s_2\ s_2$ Poulies du rèssort de compensation du circuit funiculaire.

s_3 Ressort de compensation.

$s_4\ s_4\ s_4$ Galets supportant les fils de la transmission funiculaire.

s_5 Poste de commande de la passerelle.

s_6 Poste de commande de la tour.

Cette tour contient deux canons de 24 centimètres et est manœuvrée par un Servo-Moteur spécial à rotation continue.

v Volant à main du poste de commande.

v_1 Manchon à dents d'entraînement de la commande.

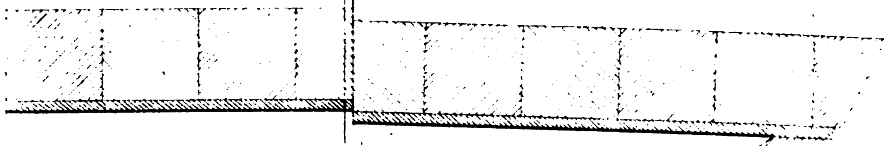
v_2 Ressort éloignant le volant v du manchon v_1.

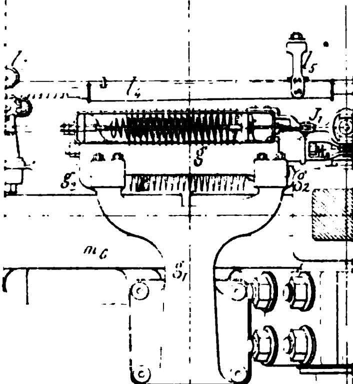
v_3 Écrous à oreilles réglant la distance du volant v au manchon v_1 et par suite le jeu ou temps perdu.

v_4 Roue à chaîne-galle commandant la transmission funiculaire.

v_5 Aiguille et cadran axiomètre indiquant tous les mouvements du gouvernail.

Planche B.





TES CUIRASSÉS,

ULEDOGUE ET LE TIGRE.

ɔur manœuvre de gouvernail.

ABCD (de la Planche A)

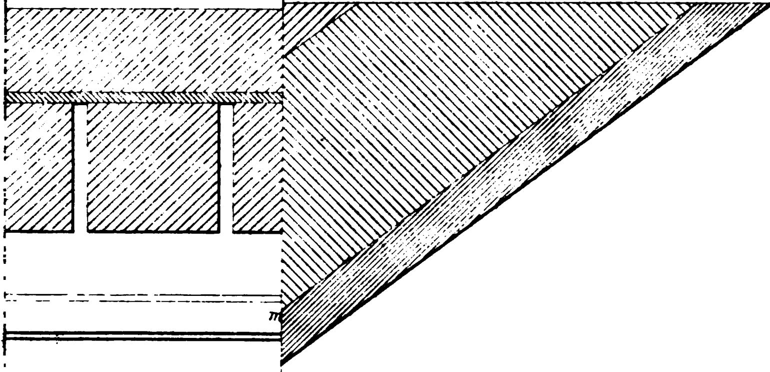
chelle au 1/20

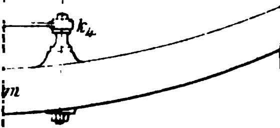
Autog Broise, Rue de Dunkerque, 43 à Paris

Planche C.

Coupe suivant

Echelle au $^1/_{20}$

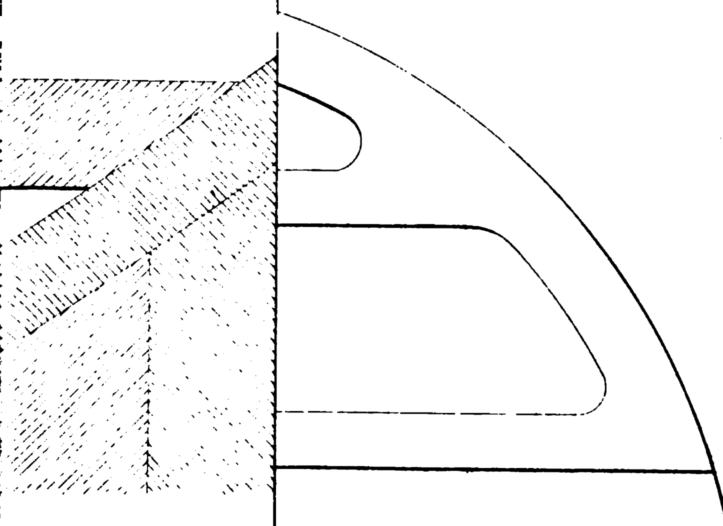




ARDE-CÔTES CUIRASSÉS.

ER, LE BOULEDOGUE ET LE TIGRE

)-MOTEUR pour manœuvre de gouvernail.



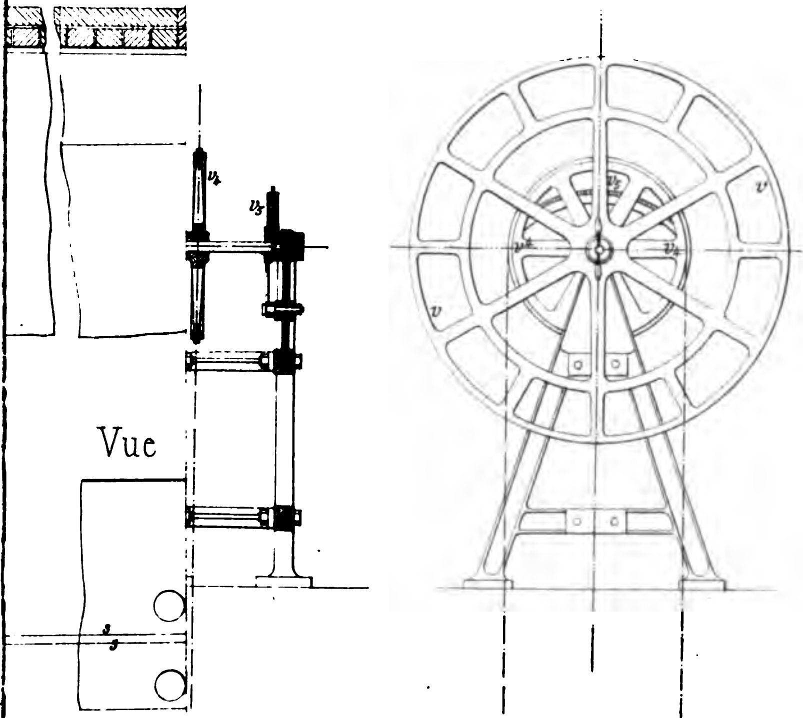
Autog. Broise, Rue de Dunkerque, 43 à Paris

nder le gouv

Coupe en lo

Poste de commande.

Echelle au 1/20



GARDE-CÔTES CUIRASSÉS,

LIER, LE BOULEDOGUE ET LE TIGRE.

RVO-MOTEUR pour manœuvre de gouvernail.

Commande du gouvernail.

Autog. Broise, Rue de Dunkerque 43 à Paris

